NI Circuit Design Suite

Getting Started with NI Circuit Design Suite

January 2012
374482F



Worldwide Technical Support and Product Information

`ni.com`

Worldwide Offices

Visit `ni.com/niglobal` to access the branch office Web sites, which provide up-to-date contact information, support phone numbers, email addresses, and current events.

National Instruments Corporate Headquarters

11500 North Mopac Expressway   Austin, Texas 78759-3504   USA   Tel: 512 683 0100

For further support information, refer to the *Technical Support and Professional Services* appendix. To comment on National Instruments documentation, refer to the National Instruments Web site at `ni.com/info` and enter the Info Code `feedback`.

Important Information

Warranty

The media on which you receive National Instruments software are warranted not to fail to execute programming instructions, due to defects in materials and workmanship, for a period of 90 days from date of shipment, as evidenced by receipts or other documentation. National Instruments will, at its option, repair or replace software media that do not execute programming instructions if National Instruments receives notice of such defects during the warranty period. National Instruments does not warrant that the operation of the software shall be uninterrupted or error free.

A Return Material Authorization (RMA) number must be obtained from the factory and clearly marked on the outside of the package before any equipment will be accepted for warranty work. National Instruments will pay the shipping costs of returning to the owner parts which are covered by warranty.

National Instruments believes that the information in this document is accurate. The document has been carefully reviewed for technical accuracy. In the event that technical or typographical errors exist, National Instruments reserves the right to make changes to subsequent editions of this document without prior notice to holders of this edition. The reader should consult National Instruments if errors are suspected. In no event shall National Instruments be liable for any damages arising out of or related to this document or the information contained in it.

EXCEPT AS SPECIFIED HEREIN, NATIONAL INSTRUMENTS MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. CUSTOMER'S RIGHT TO RECOVER DAMAGES CAUSED BY FAULT OR NEGLIGENCE ON THE PART OF NATIONAL INSTRUMENTS SHALL BE LIMITED TO THE AMOUNT THERETOFORE PAID BY THE CUSTOMER. NATIONAL INSTRUMENTS WILL NOT BE LIABLE FOR DAMAGES RESULTING FROM LOSS OF DATA, PROFITS, USE OF PRODUCTS, OR INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF. This limitation of the liability of National Instruments will apply regardless of the form of action, whether in contract or tort, including negligence. Any action against National Instruments must be brought within one year after the cause of action accrues. National Instruments shall not be liable for any delay in performance due to causes beyond its reasonable control. The warranty provided herein does not cover damages, defects, malfunctions, or service failures caused by owner's failure to follow the National Instruments installation, operation, or maintenance instructions; owner's modification of the product; owner's abuse, misuse, or negligent acts; and power failure or surges, fire, flood, accident, actions of third parties, or other events outside reasonable control.

Copyright

Trademarks

LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com, the National Instruments corporate logo, and the Eagle logo are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Trademark Information* at `ni.com/trademarks` for other National Instruments trademarks.

Electronics Workbench, Multisim and Ultiboard are trademarks of National Instruments.

Patents

For patents covering National Instruments products/technology, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or the *National Instruments Patent Notice* at `ni.com/patents`.

Some portions of this product are protected under United States Patent No. 6,560,572.

Export Compliance Information

Refer to the *Export Compliance Information* at `ni.com/legal/export-compliance` for the National Instruments global trade compliance policy and how to obtain relevant HTS codes, ECCNs, and other import/export data.

WARNING REGARDING USE OF NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS

(1) NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS ARE NOT DESIGNED WITH COMPONENTS AND TESTING FOR A LEVEL OF RELIABILITY SUITABLE FOR USE IN OR IN CONNECTION WITH SURGICAL IMPLANTS OR AS CRITICAL COMPONENTS IN ANY LIFE SUPPORT SYSTEMS WHOSE FAILURE TO PERFORM CAN REASONABLY BE EXPECTED TO CAUSE SIGNIFICANT INJURY TO A HUMAN.

(2) IN ANY APPLICATION, INCLUDING THE ABOVE, RELIABILITY OF OPERATION OF THE SOFTWARE PRODUCTS CAN BE IMPAIRED BY ADVERSE FACTORS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO FLUCTUATIONS IN ELECTRICAL POWER SUPPLY, COMPUTER HARDWARE MALFUNCTIONS, COMPUTER OPERATING SYSTEM SOFTWARE FITNESS, FITNESS OF COMPILERS AND DEVELOPMENT SOFTWARE USED TO DEVELOP AN APPLICATION, INSTALLATION ERRORS, SOFTWARE AND HARDWARE COMPATIBILITY PROBLEMS, MALFUNCTIONS OR FAILURES OF ELECTRONIC MONITORING OR CONTROL DEVICES, TRANSIENT FAILURES OF ELECTRONIC SYSTEMS (HARDWARE AND/OR SOFTWARE), UNANTICIPATED USES OR MISUSES, OR ERRORS ON THE PART OF THE USER OR APPLICATIONS DESIGNER (ADVERSE FACTORS SUCH AS THESE ARE HEREAFTER COLLECTIVELY TERMED “SYSTEM FAILURES”). ANY APPLICATION WHERE A SYSTEM FAILURE WOULD CREATE A RISK OF HARM TO PROPERTY OR PERSONS (INCLUDING THE RISK OF BODILY INJURY AND DEATH) SHOULD NOT BE RELIANT SOLELY UPON ONE FORM OF ELECTRONIC SYSTEM DUE TO THE RISK OF SYSTEM FAILURE. TO AVOID DAMAGE, INJURY, OR DEATH, THE USER OR APPLICATION DESIGNER MUST TAKE REASONABLY PRUDENT STEPS TO PROTECT AGAINST SYSTEM FAILURES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO BACK-UP OR SHUT DOWN MECHANISMS. BECAUSE EACH END-USER SYSTEM IS CUSTOMIZED AND DIFFERS FROM NATIONAL INSTRUMENTS' TESTING PLATFORMS AND BECAUSE A USER OR APPLICATION DESIGNER MAY USE NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS IN COMBINATION WITH OTHER PRODUCTS IN A MANNER NOT EVALUATED OR CONTEMPLATED BY NATIONAL INSTRUMENTS, THE USER OR APPLICATION DESIGNER IS ULTIMATELY RESPONSIBLE FOR VERIFYING AND VALIDATING THE SUITABILITY OF NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS WHENEVER NATIONAL INSTRUMENTS PRODUCTS ARE INCORPORATED IN A SYSTEM OR APPLICATION, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE APPROPRIATE DESIGN, PROCESS AND SAFETY LEVEL OF SUCH SYSTEM OR APPLICATION.

Conventions

The following conventions are used in this manual:

» — The » symbol leads you through nested menu items and dialog box options to a final action. The sequence **Tools»Clear ERC Markers»Entire design** directs you to pull down the **Tools** menu, select the **Clear ERC Markers** item, and select **Entire design** from the resulting dialog box.

This icon denotes a tip, which alerts you to advisory information.

This icon denotes a note, which alerts you to important information.

This icon denotes a caution, which advises you of precautions to take to avoid injury, data loss, or a system crash.

bold — Bold text denotes items that you must select or click in the software, such as menu items and dialog box options. Bold text also denotes parameter names.

italic — Italic text denotes variables, emphasis, a cross-reference, or an introduction to a key concept. Italic text also denotes text that is a placeholder for a word or value that you must supply.

`monospace` — Text in this font denotes text or characters that you should enter from the keyboard, sections of code, programming examples, and syntax examples. This font is also used for the proper names of disk drives, paths, directories, programs, subprograms, subroutines, device names, functions, operations, variables, filenames, and extensions.

`monospace bold` — Bold text in this font denotes the messages and responses that the computer automatically prints to the screen. This font also emphasizes lines of code that are different from the other examples.

Contents

Chapter 1
Introduction to NI Circuit Design Suite

Chapter 2
Multisim Tutorial

Chapter 3
Ultiboard Tutorial

Chapter 4
Multisim MCU Tutorial

Appendix A
Technical Support and Professional Services

Index

1

Introduction to NI Circuit Design Suite

Some of the described features may not be available in your edition of Circuit Design Suite. Refer to the *NI Circuit Design Suite Release Notes* for a list of the features available in your edition.

NI Circuit Design Suite Product Line

National Instruments Circuit Design Suite is a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the circuit design flow.

Multisim is the schematic capture and simulation program designed for schematic entry, simulation, and feeding to downstage steps, such as PCB layout. It also includes mixed analog/digital simulation capability, and microcontroller co-simulation.

Ultiboard is used to design printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare them for manufacturing. It also provides automated parts placement and layout.

The Tutorials

This book contains the following step-by-step tutorials:

- *Multisim Tutorial*—Introduces you to Multisim and its many functions.
- *Ultiboard Tutorial*—Shows you how to place the components and traces for the design described in the Multisim Tutorial chapter. You will also learn how to autoplace parts and then autoroute them.
- *Multisim MCU Tutorial*—Leads you through the process of simulating and debugging a design that contains a microcontroller.

For more detailed information on the features discussed in these chapters, refer to the *Multisim Help* or the *Ultiboard Help*.

2

Multisim Tutorial

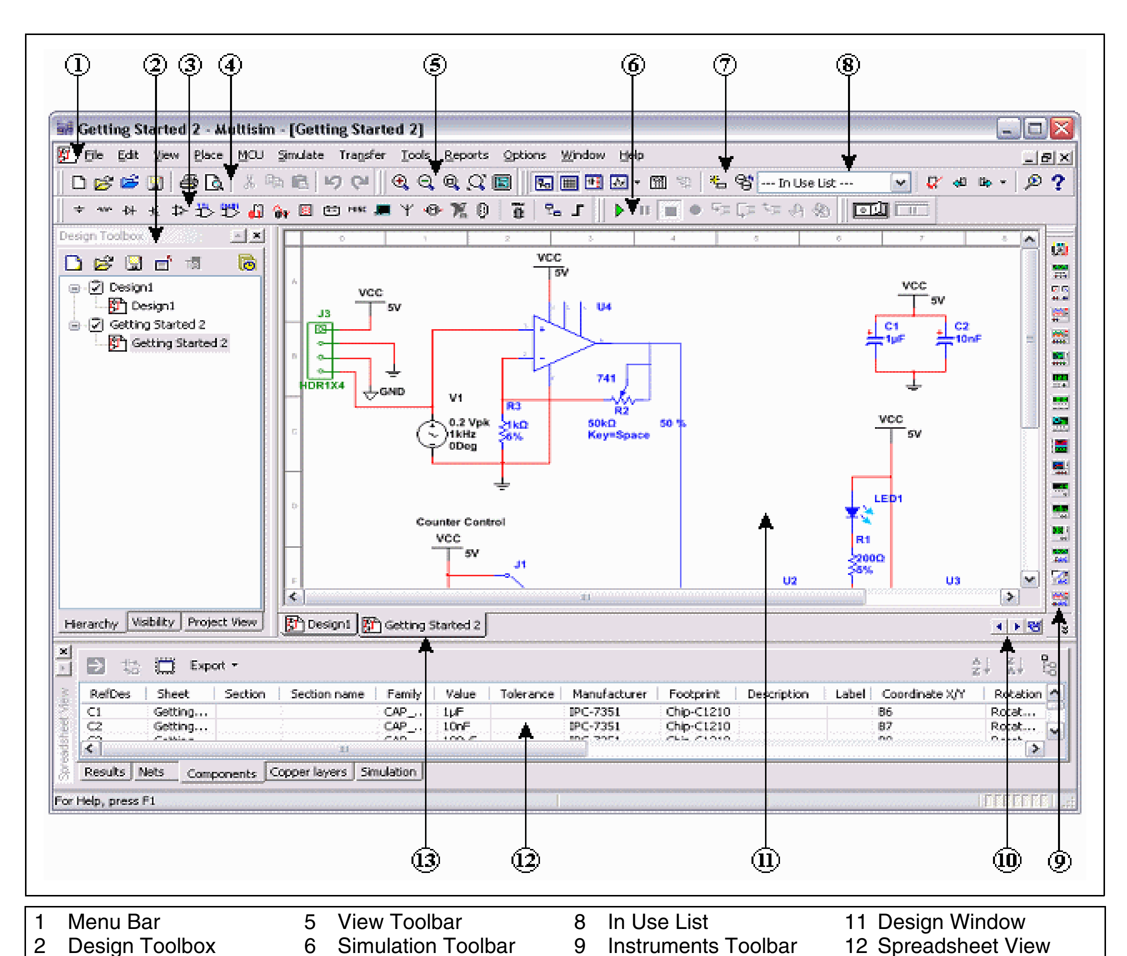
This chapter contains a tutorial that introduces you to Multisim and its many functions.

Some of the described features may not be available in your edition of Circuit Design Suite. Refer to the *NI Circuit Design Suite Release Notes* for a list of the features available in your edition.

Introduction to the Multisim Interface

Multisim is the schematic capture and simulation application of National Instruments Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the circuit design flow. Multisim is designed for schematic entry, simulation, and exporting to downstage steps, such as PCB layout.

Multisim's user interface consists of the following basic elements:



1	Menu Bar	5	View Toolbar	8	In Use List	11	Design Window
2	Design Toolbox	6	Simulation Toolbar	9	Instruments Toolbar	12	Spreadsheet View
3	Component Toolbar	7	Main Toolbar	10	Scroll Left/Right	13	Active Tab
4	Standard Toolbar						

The **Menu Bar** is where you find commands for all functions.

The **Design Toolbox** is where you navigate through the different types of files in a project (schematics, PCBs, reports), view a schematic's hierarchy and show or hide different layers.

The **Component** toolbar contains buttons that you use to select components from the Multisim databases for placement in your schematic.

The **Standard** toolbar contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.

The **View** toolbar contains buttons for modifying the way the screen is displayed.

The **Simulation** toolbar contains buttons for starting, stopping, and other simulation functions.

The **Main** toolbar contains buttons for common Multisim functions.

The **In Use List** contains a list of all components used in the design.

The **Instruments** toolbar contains buttons for each instrument.

The **Design Window** (or workspace) is where you build your designs.

The **Spreadsheet View** allows fast advanced viewing and editing of parameters including component details such as footprints, RefDes, attributes and design constraints. You can change parameters for some or all components in one step and perform a number of other functions.

Overview

This tutorial leads you through the circuit design flow, from schematic capture, through simulation and analysis. After following the steps outlined on the following pages, you will have designed a circuit that samples a small analog signal, amplifies it and then counts the occurrences of the signal on a simple digital counter.

Helpful tips are indicated by the presence of an icon in the left column, as in the tip below:



Tip You can access the online help at any time by pressing <F1> on your keyboard, or by clicking on the **Help** button in a dialog box.

Schematic Capture

In this section, you will place and wire the components in the design shown below.

Opening and Saving the File

Complete the following steps:

1. Launch Multisim. A blank file called `Design1` opens on the workspace.
2. Select **File»Save as** to display a standard Windows Save dialog.
3. Navigate to the location where you wish the file to reside, enter `MyGettingStarted` as the filename, and click the **Save** button.



Tip To guard against accidental loss of data, set up a timed auto-backup of the file in the **Save** tab of the **Global Preferences** dialog box.

Complete the following steps to open an existing file:

1. Select **File»Open**, navigate to the location where the file resides, highlight the file, and click on the **Open** button.

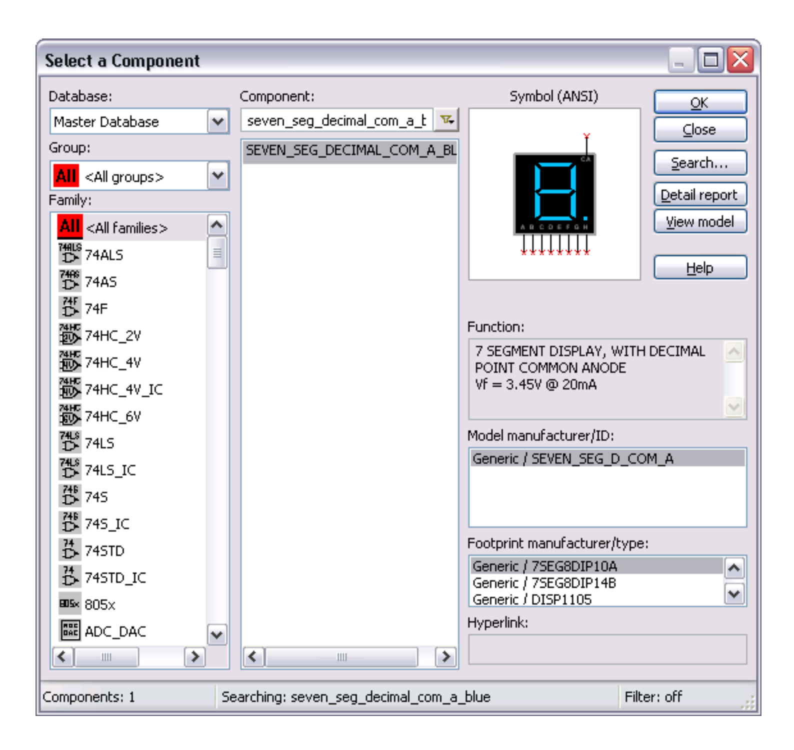
Placing the Components

Complete the following steps to start placing components:

1. Open `MyGettingStarted` as described above.
2. Select **Place»Component** to display the **Select a Component** dialog box, navigate to the 7-segment LED display as shown below and click **OK**. The component appears as a "ghost" on the cursor.



Tip Once you have selected the desired **Group** and **Family**, start typing the component's name in the browser's **Component** field. As you type, the string appears in the **Searching** field at the bottom of the browser. In the example below, type `seven_seg_decimal_com_a_blue`. Matches are displayed as you type.



3. Move the cursor to the bottom-right of the workspace and left-click to place the component. Note that the Reference Designator for this component is "U1".

4. Place the remaining components in the Digital Counter area as shown below.



Note When placing resistors, inductors, or capacitors (RLC components), the **Select a Component** dialog box has slightly different fields than for other components. When placing these components, you can choose any combination of: the component's value (for example, the resistance value); type (for example, carbon film); tolerance; footprint and manufacturer. If you are placing a component that will be ultimately exported to PCB layout, and become part of a **Bill of Materials**, you must be careful that the combination of values that you select in the **Select a Component** dialog box are available in a real-world, purchaseable component.



Tip When placing RLC components, type the value of the device that you want to place in the field at the top of the **Component** list. The value does not need to appear in the list to be placed on the schematic.

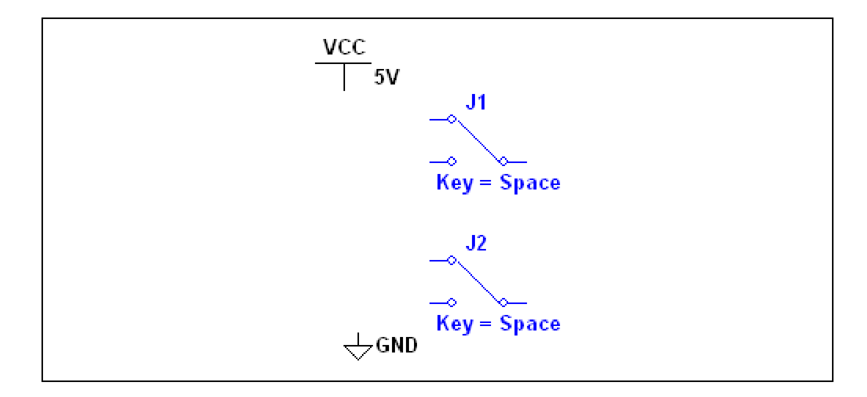


Tip While placing the 200 Ω resistor, rotate it to a vertical orientation by pressing <Ctrl-R> on your keyboard.



Tip Reference Designators (for example, U1, U2) are assigned in the order the components are placed. If you place components in a different order than in the original design, the numbering will differ. This will not affect the operation of the design in any way.

5. Place the components in the Counter Control section. After placement, right-click on each of the SPDT switches and select **Flip Horizontal**.

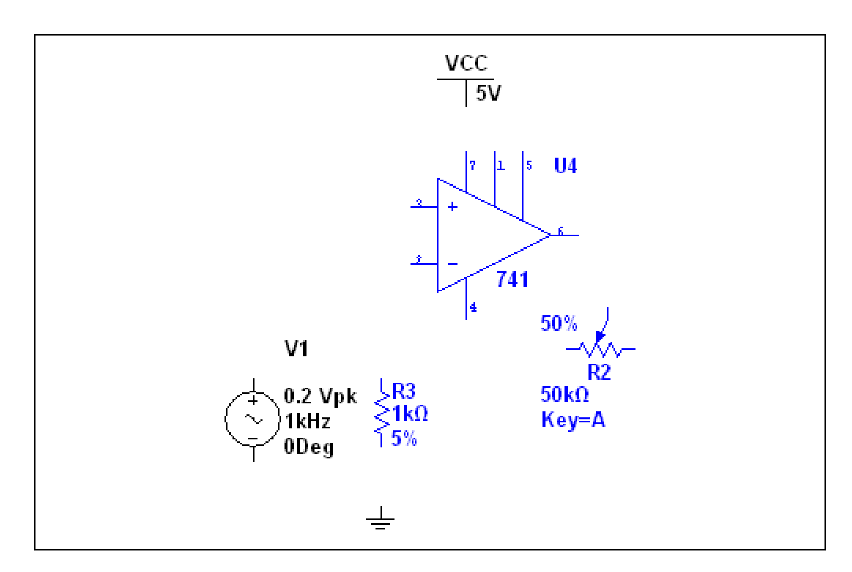


Tip The SPDT switches are in the **Basic** group, **Switch** family.



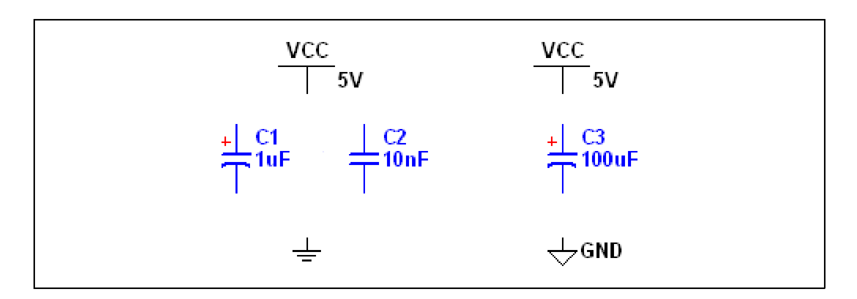
Tip When a component is on the workspace and you want to place the same component again, highlight it and select **Edit»Copy**, then **Edit»Paste**. You can also select it from the **In Use List** and click to place it on the workspace.

6. Place the components in the Analog Amplifier section as shown below, rotating as needed.

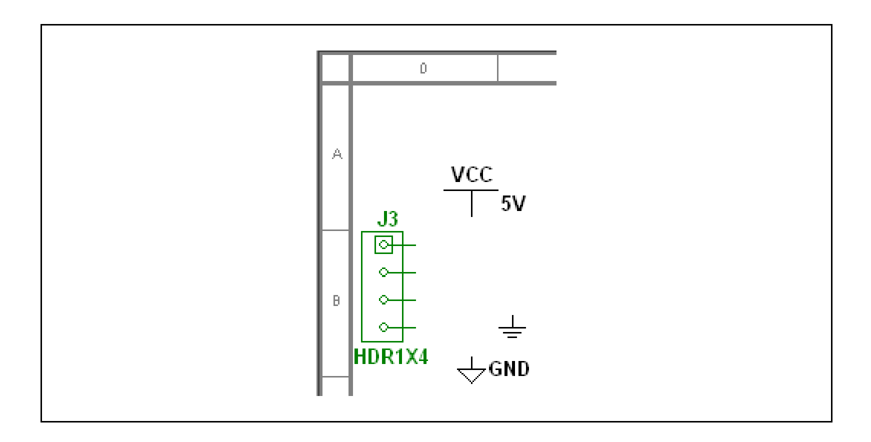


7. Double-click on the AC voltage signal source and change the **Voltage (Pk)** to 0.2 V and click **OK** to close the dialog.

8. Place the components in the Bypass Capacitors section as shown below.



9. Place the header and associated components as shown below.





Tip J3 is in the **Connectors** group, **Generic** family.



Tip Once you have wired a design, you can drop two-pinned components like resistors directly onto a wire. The connection is automatically made by Multisim.

Wiring the Design

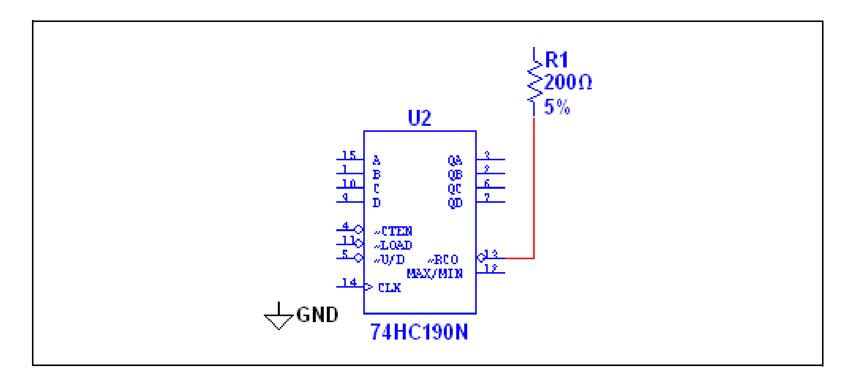
All components have pins that you use to wire them to other components or instruments. As soon as your cursor is over a pin, the pointer changes to a crosshair, indicating you can start wiring.



Tip You can wire the design that you placed on the workspace or you can use `Getting Started 1` from the `Getting Started` folder (found inside the `samples` folder).

Complete the following steps to wire the design:

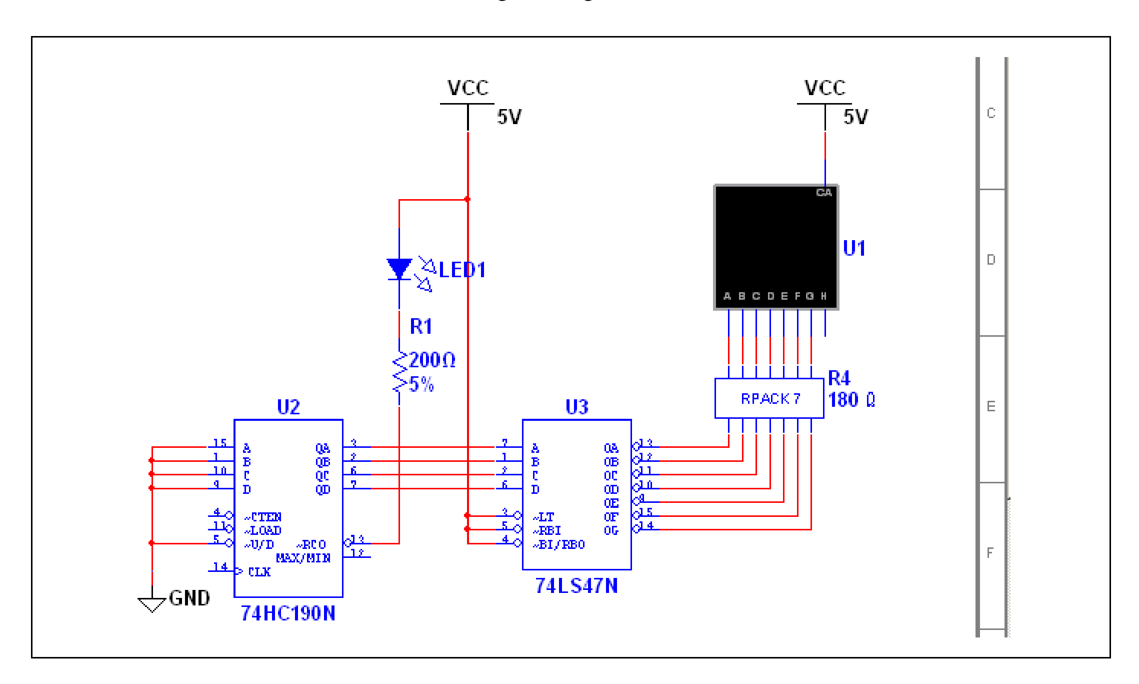
1. Click on a pin on a component to start the connection (your pointer turns into a crosshair) and move the mouse. A wire appears, attached to your cursor.
2. Click on a pin on the second component to finish the connection. Multisim automatically places the wire, which conveniently snaps to an appropriate configuration, as shown below. This feature saves a great deal of time when wiring large designs.





Tip You can also control the flow of the wire by clicking on points as you move the mouse. Each click "fixes" the wire to that point.

3. Finish wiring the Digital Counter section as shown below.



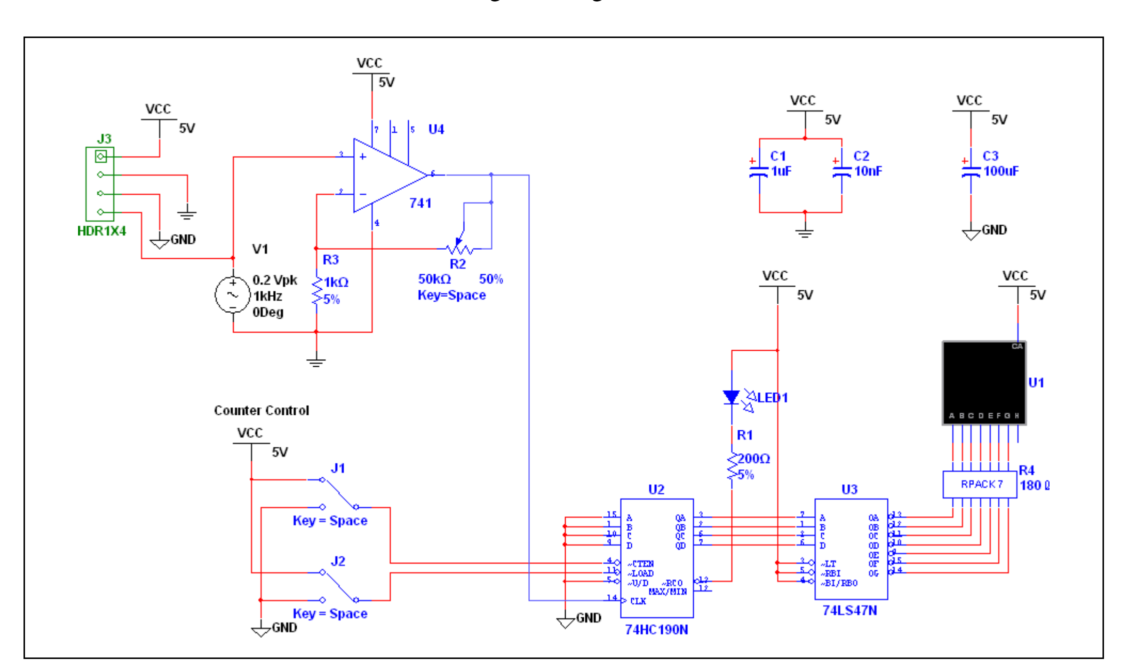


Tip Use **Bus Vector Connect** to wire multi-pinned devices like U3 and R4 together in a bus. Refer to the *Multisim Help* for details.



Tip **Virtual Wiring** - To avoid clutter, you can use virtual connections between the Counter Control and Digital Counter sections using on-page connectors.

4. Finish wiring the design as shown below.



Simulation

Simulating your designs with Multisim catches errors early in the design flow, saving time and money.

Virtual Instrumentation

In this section, you will simulate the design and view the results with the virtual oscilloscope.



Tip You can also use `Getting Started 2` from the `Getting Started` folder (found inside the `samples` folder).

1. J1, J2 and R2 are interactive components.

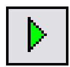
   Set up the interactive keys for J1, J2 and R2 by double-clicking on each and selecting the **Value** tab. In the **Key for toggle** field, enter `E` for J1 and `L` for J2. Enter `A` in the **Key** field for R2.

2. Press <E> on the keyboard to enable the counter, or just click on the widened switch arm that appears when you hover the cursor over J1. Enable is Active Low.

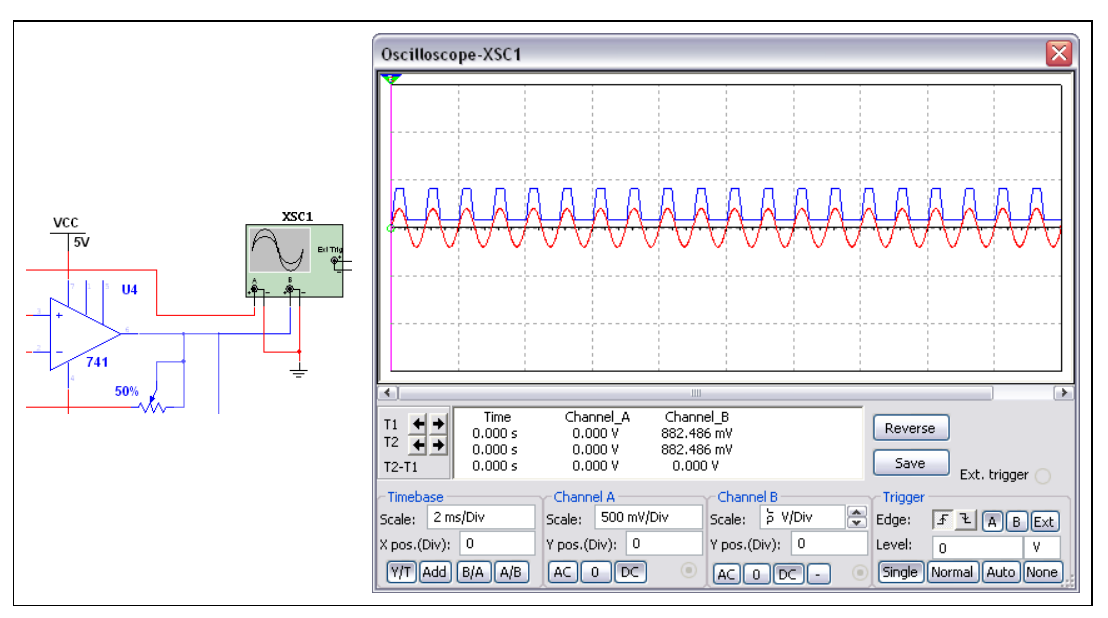
3. Select **Simulate»Instruments»Oscilloscope** to place the oscilloscope on the workspace. Wire the instrument as shown in step 5.



Tip To easily differentiate between traces on the oscilloscope, right-click on the wire connected to the scope's **B** input and select **Segment Color** from the context menu that displays. Select a color that differs from the wire connected to the **A** input, for example blue. (Changing wire color or performing any other editing function cannot be done while simulation is running).



4. Double-click on the scope's icon to show the instrument face. Select **Simulate»Run**. The output of the opamp appears on the scope.
5. Adjust the Timebase to 2 ms/Div and Channel A's Scale to 500 mV/Div. You will see the following displayed on the scope.



As the design simulates, the 7-segment display counts up and the LED flashes at the end of each count cycle.

6. Press <E> on your keyboard while the simulation is running to enable or disable the counter. Enable is Active Low.

   Press <L> to load zeros into the counter. Load is Active Low.

   Press <Shift-A> to observe the effect of decreasing the potentiometer's setting. Repeat, pressing <A> to increase.



Tip Instead of pressing the above-mentioned keys, you can directly manipulate the interactive components on the schematic with your mouse.

Analysis

In this section, you will use **AC Analysis** to verify the frequency response of the amplifier.

Complete the following steps to perform an **AC Analysis** at the output of the op-amp:

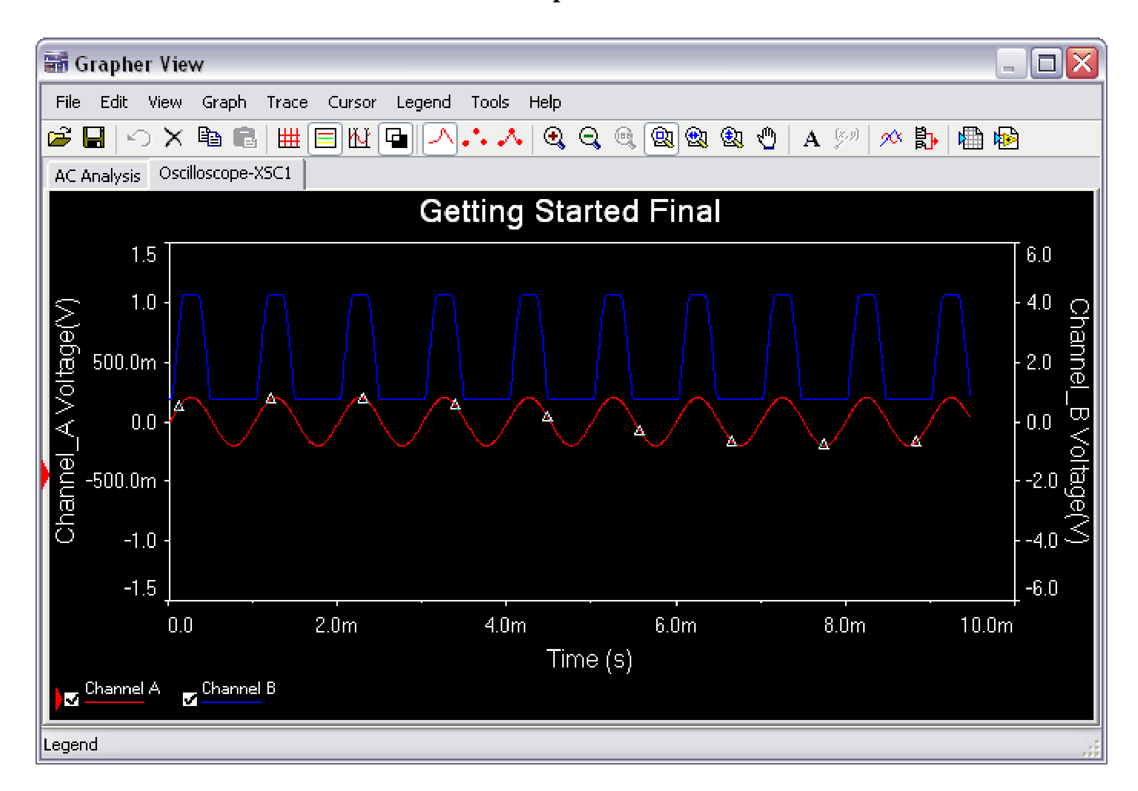
1. Double-click on the wire that is attached to pin 6 of the op-amp, and change the preferred net name to `analog_out` in the **Net Properties** dialog box.
2. Select **Simulate»Analyses»AC analysis** and click on the **Output** tab.
3. Highlight `V(analog_out)` in the **Variables in circuit** (left) column and click **Add**. `V(analog_out)` moves to the **Selected variables for analysis** (right) column. This indicates that the voltage at node `V(analog_out)` will be displayed after simulation.
4. Click **Simulate**. The results of the analysis appear in the **Grapher**.

The Grapher

The **Grapher** is a multi-purpose display tool that lets you view, adjust, save and export graphs and charts. It is used to display the results of all Multisim analyses in graphs and charts and a graph of traces for some instruments (for example the results of the oscilloscope).

Complete the following steps to view results of a simulation on the **Grapher**:

1. Run the simulation with the oscilloscope as described earlier.
2. Select **View»Grapher**.



The Postprocessor

Use the **Postprocessor** to manipulate the output from analyses and plot the results on a graph or chart. Types of mathematical operations that can be performed on analysis results include arithmetic, trigonometric, exponential, logarithmic, complex, vector and logic.

Reports

You can generate a number of reports in Multisim: **Bill of Materials** (BOM), **Component Detail Report**, **Netlist Report**, **Schematic Statistics**, **Spare Gates** and the **Cross Reference** Report. This section uses the **BOM** as an example for the tutorial design.

Bill of Materials

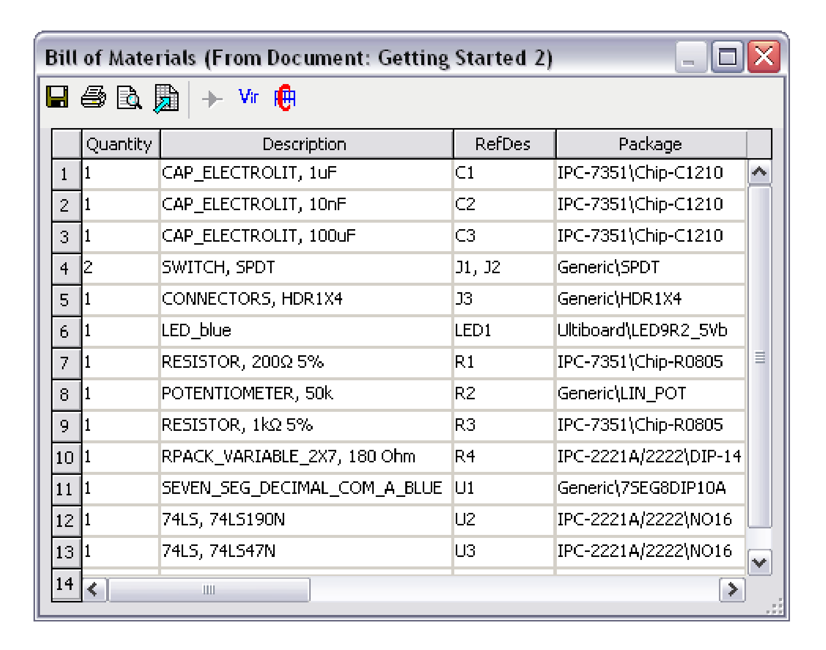
A bill of materials lists the components used in your design and therefore provides a summary of the components needed to manufacture the circuit board. Information provided includes:

- quantity of each component needed.
- description of each component, including the type of component (example: resistor) and value (example: 5.1 kΩ).
- Reference Designator of each component.
- package or footprint of each component.

Complete the following steps to create a **BOM** (bill of materials) for your design:

1. Select **Reports»Bill of Materials**.

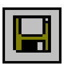
   The report appears, looking similar to this:



	Quantity	Description	RefDes	Package
1	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip-C1210
2	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip-C1210
3	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip-C1210
4	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
5	1	CONNECTORS, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X4
6	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9R2_5Vb
7	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip-R0805
8	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_POT
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip-R0805
10	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	IPC-2221A/2222\DIP-14
11	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8DIP10A
12	1	74LS, 74LS190N	U2	IPC-2221A/2222\NO16
13	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2222\NO16
14				

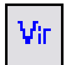


To print the **Bill of Materials**, click the **Print** button. A standard Windows print dialog box appears, allowing you to choose the printer, number of copies, and so on.



To save the **Bill of Materials** to a file, click the **Save** button. A standard Windows file save dialog box appears, where you specify the path and file name.

Because the **Bill of Materials** is primarily intended to assist in procurement and manufacturing, it includes only "real" components—it excludes components that are not real or available for purchase, such as sources or virtual components. Components without assigned footprints do not appear in the **Bill of Materials**.



To see a list of components in your design that are not "real" components, click the **Virtual** button. A separate window appears, showing these components only.

Detailed information on this and other reports can be found in the *Multisim Help*.

3

Ultiboard Tutorial

The tutorial in this chapter places the parts and traces for the circuit described in the Multisim Tutorial chapter.

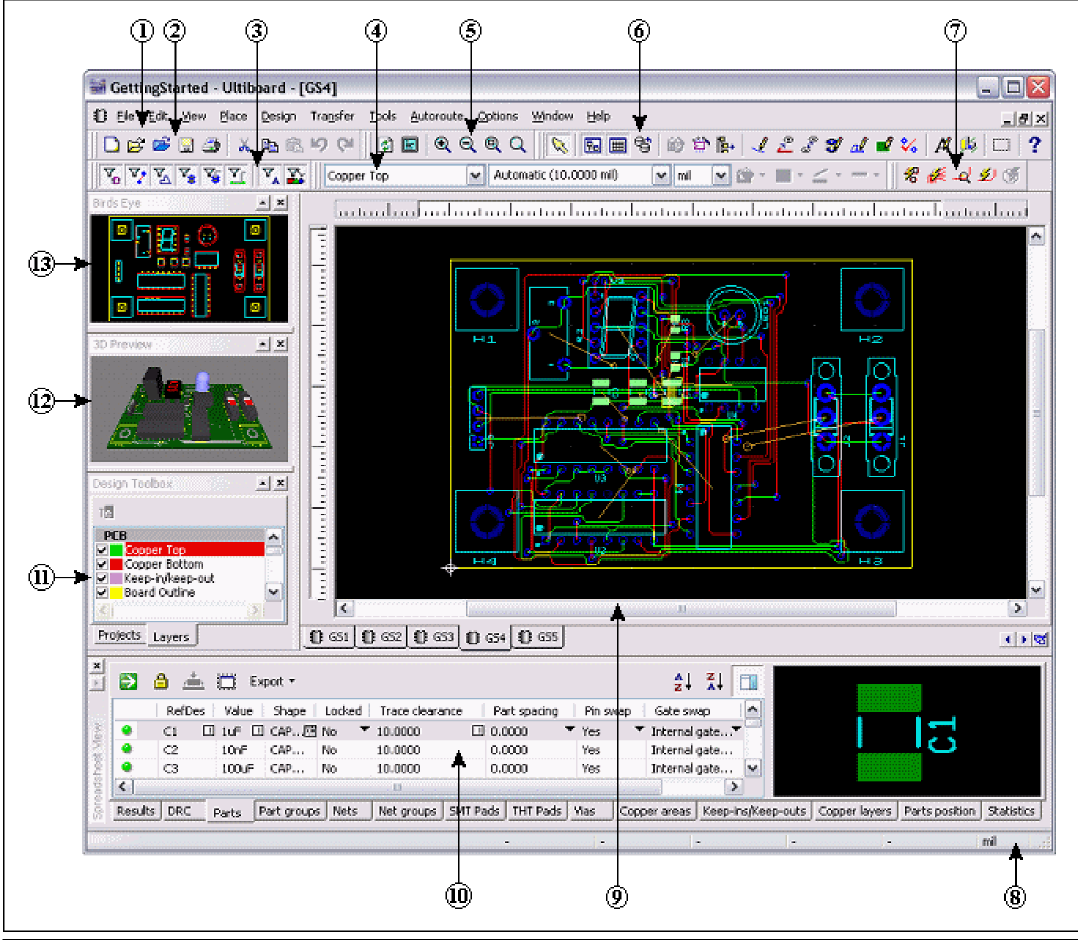
Some of the described features may not be available in your edition of Ultiboard. Refer to the *NI Circuit Design Suite Release Notes* for a list of the features available in your edition.

Introduction to the Ultiboard Interface

Ultiboard is the PCB layout application of National Instruments Circuit Design Suite, a suite of EDA (Electronics Design Automation) tools that assists you in carrying out the major steps in the design flow.

Ultiboard is used to lay out and route printed circuit boards, perform certain basic mechanical CAD operations, and prepare boards for manufacturing. It also provides automated parts placement and wire routing.

Ultiboard's user interface is made up of several elements.



1	Menu Bar	5	View Toolbar	8	Status Bar	11	Design Toolbox
2	Standard Toolbar	6	Main Toolbar	9	Workspace	12	3D Preview
3	Select Toolbar	7	Autoroute Toolbar	10	Spreadsheet View	13	Birds Eye View
4	Draw Settings Toolbar						

The **Menu Bar** is where you find commands for all functions.

The **Standard** toolbar contains buttons for commonly-performed functions such as Save, Print, Cut, and Paste.

As you add more parts and traces to a board, it can become difficult to select only those which you want to use. The **Select** toolbar contains buttons used to control selections.

The **Draw Settings** toolbar is where you select the layer, thickness and unit of measure of a line or object that is being drawn. It also contains buttons

for functions that control the appearance of lines and shapes drawn on a layer.

The **View** toolbar contains buttons for modifying the way the screen is displayed.

The **Main** toolbar contains buttons for common board design functions.

The **Autoroute** toolbar contains autorouting and part placement functions.

The **Status Bar** displays useful and important information.

The **Workspace** is where you build your design.

The **Spreadsheet View** allows fast advanced viewing and editing of parameters including part details such as shapes, Reference Designators, attributes and design constraints.

The **Design Toolbox** lets you show, hide, or dim elements of your design.

The **3D Preview** shows you a three-dimensional preview of the board.

The **Birds Eye View** shows you the design at a glance and lets you easily navigate around the workspace.

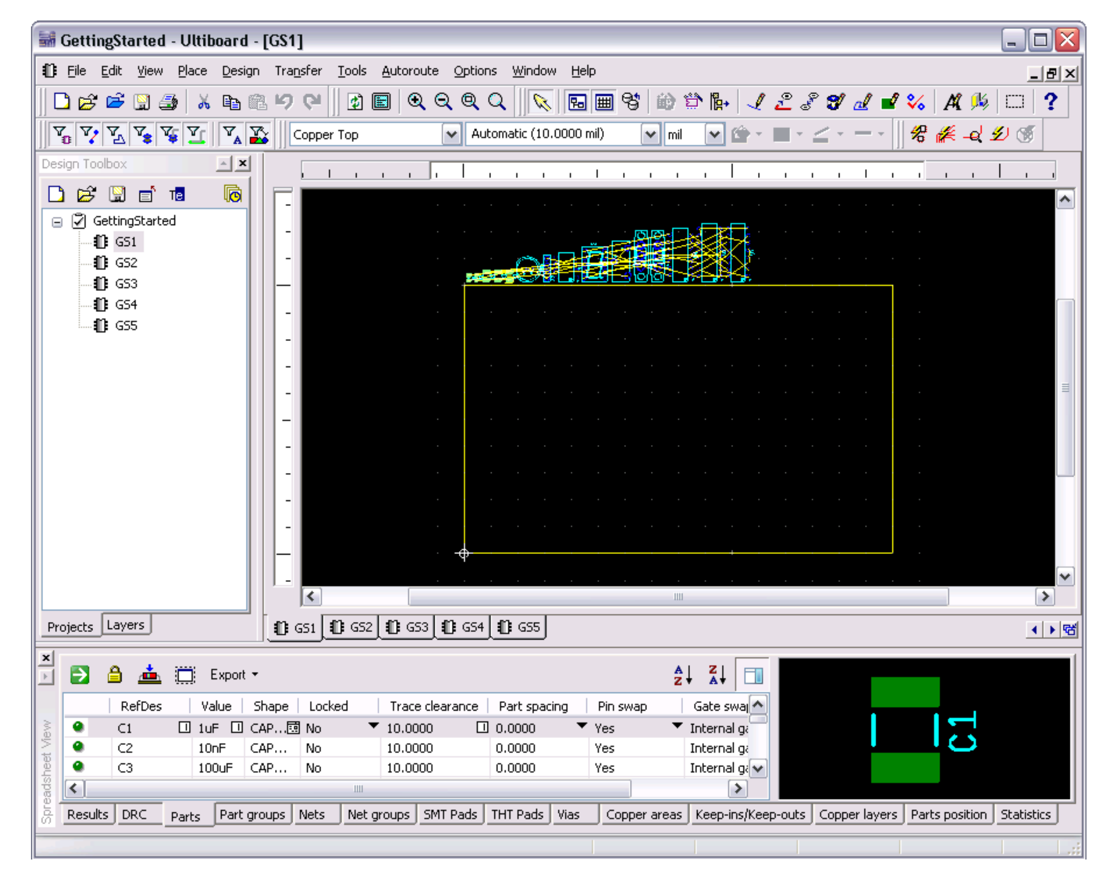
Opening the Tutorial

Complete the following steps to open the tutorial file:

1. Launch Ultiboard, select **File»Open samples** and double-click on the `Getting Started` folder to open it.
2. Select `Getting Started` and click **Open**. The project file is loaded into Ultiboard.



Tip For instructions on exporting a design from Multisim to Ultiboard, refer to the *Multisim Help* and the *Ultiboard Help*.



3. To select a design from the project (for example, `GS1`), either click on its tab, or click on its name in the **Projects** tab of the **Design Toolbox**.

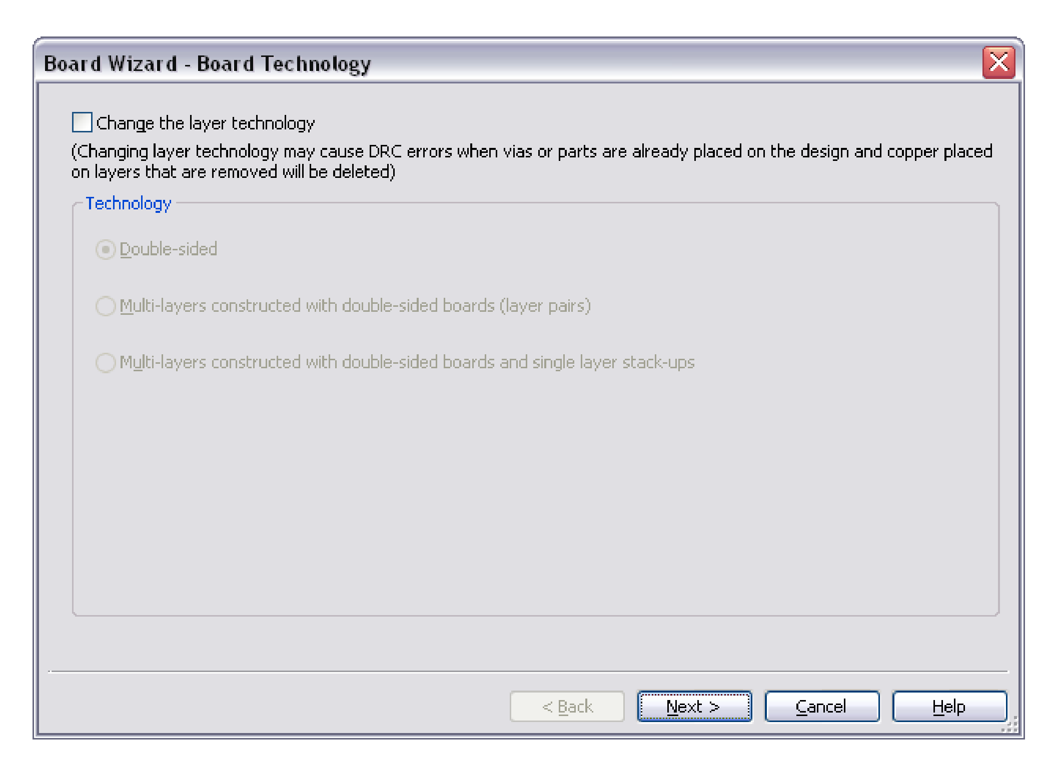
Creating a Board Outline

There is already a board outline, however, you can create one that is a more suitable size for the parts in this design in one of the following ways:

- Draw a board outline using the drawing tools.
- Import a DXF file.
- Use the **Board Wizard**.

Complete the following steps to experiment with the **Board Wizard**:

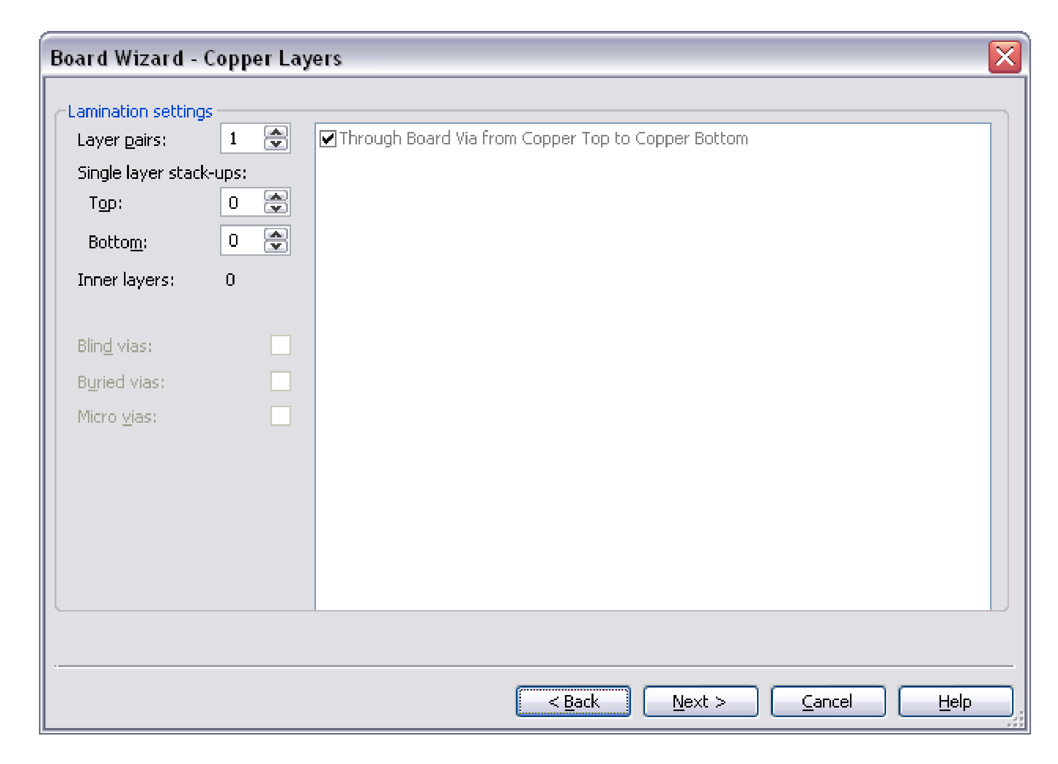
1. Double-click on **Board Outline** in the **Layers** tab to make it the active layer.
2. Click on the existing board outline in the `GS1` design and press <Delete> on the keyboard.
3. Choose **Tools»Board wizard**.



4. Enable the **Change the layer technology** option to make the **Technology** options available.

5. Choose **Multi-layers constructed with double-sided boards and single layer stack-ups**, and click **Next**.

   The next dialog box is where you define the **Lamination settings** for the board. (For this tutorial you will not change settings).



6. Click **Next**.

   In the **Board Wizard - Shape of Board** dialog box:

   - Make sure **Units** is set to **mil**.
   - Make sure the **Reference point** is set to **Bottom-left** for **Alignment**.
   - Make sure the **Rectangular** option is selected in **Board shape and size**.
   - Set the **Width** to `3000` and the **Height** to `2000` (a more suitable size for the parts in this design).
   - Set the **Clearance** to `5.00000`. This is the distance from the edge of the board that is to be kept free of parts or any other elements.

7. Click **Finish**. The board outline is placed on your design.



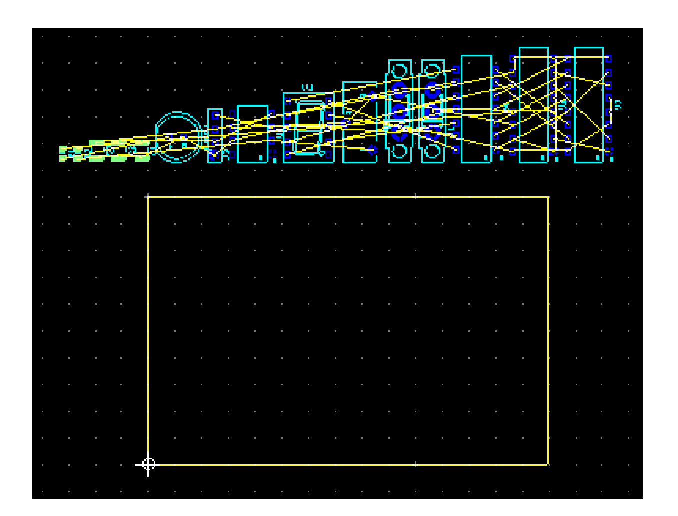
Note For complete details on the **Board Wizard**, refer to the *Ultiboard Help*.

Complete the following steps to move the board outline:

1. Double-click on **Board Outline** in the **Layers** tab.
2. Click anywhere on the board outline in the workspace and drag the board to a location just below the row of parts.

Complete the following steps to change the reference point:

1. Select **Design»Set reference point**. The reference point is attached to your cursor.
2. Move the cursor the the lower-left corner of the board outline and click to place it.



Placing Parts

You can place parts on your `GS1` design file in several different ways:

- select one or more parts from outside the board outline and drag them into place.
- use the **Parts** tab in the **Spreadsheet View** to locate parts and place them.
- select and place parts from the database.



Tip Use the **Place»Unplace parts** command to quickly remove all non-locked parts from the PCB and experiment with a different placement technique.

Dragging Parts from Outside the Board Outline

By default, parts are placed outside the board outline when you open a netlist from Multisim or another schematic capture program.

Before you begin, double-click the **Copper Top** layer in the **Design Toolbox** to make it the active layer.

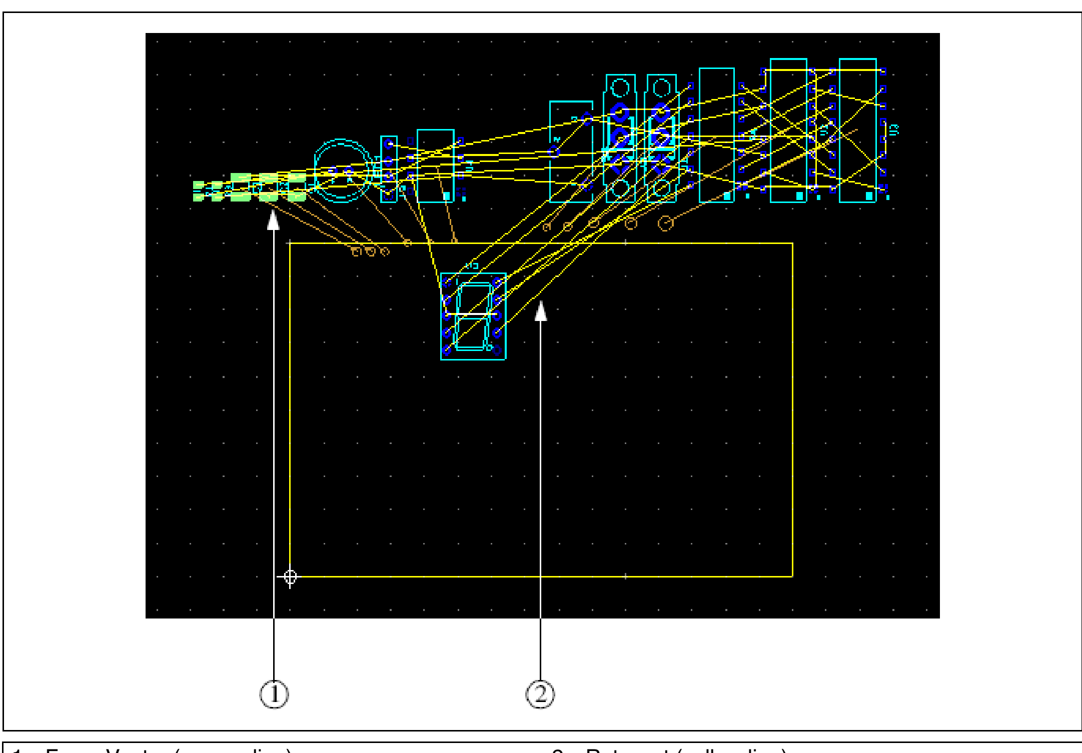
Complete the following steps to drag U1 from outside the board outline:

1. Find U1 in the collection of parts outside the board outline. To make this easier, use the mouse wheel to zoom in until you can see U1.



Tip You can also search for a part with the **Edit»Find** command. While this command works much like a Find function in other applications, it also allows you to search for a part by name, number, shape, value, or by all variables. Refer to the *Ultiboard Help* for details.

2. Click on U1 (the 7-segment display) and drag it to the location shown in the figure below.



1	Force Vector (orange line)	2	Ratsnest (yellow line)

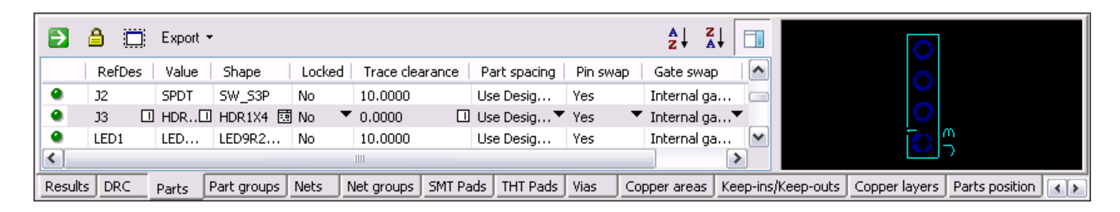
U1 remains selected. This is an important point for Ultiboard that holds throughout the application—you need to explicitly end any particular action. In this case, simply clicking somewhere else de-selects the part. Right-clicking also ends the current action.

3. Go to the **Parts** tab in the **Spreadsheet View** and scroll to U1. You will notice that the green light beside the part is slightly brighter—this indicates that the part has been placed.

Dragging Parts from the Parts Tab

Complete the following steps to drag parts from the **Parts** tab:

1. In the **Parts** tab, scroll down until you see J3.

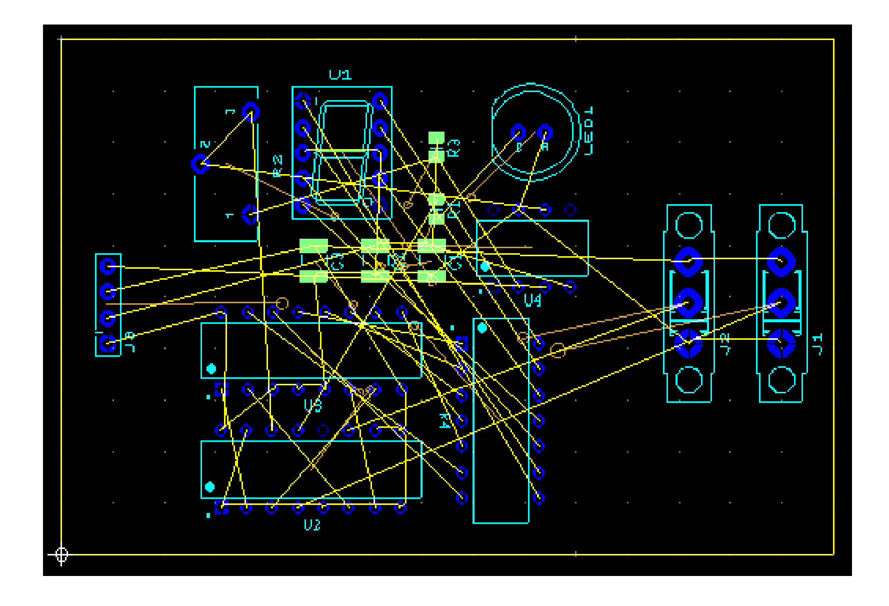


2. Click on J3 and drag it from the **Parts** tab onto the workspace. J3 is attached to your mouse pointer.
3. Drop J3 on the left edge of the board, roughly in the middle. As before, in the **Parts** tab J3's green light is slightly brighter, indicating that the part has been placed.

Placing the Tutorial Parts

Using any method or combination of methods, make your layout look like the illustration below. You can also simply open the next design file in the project, `GS2`, which has already been set up this way.

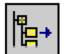
Your design should look like this:



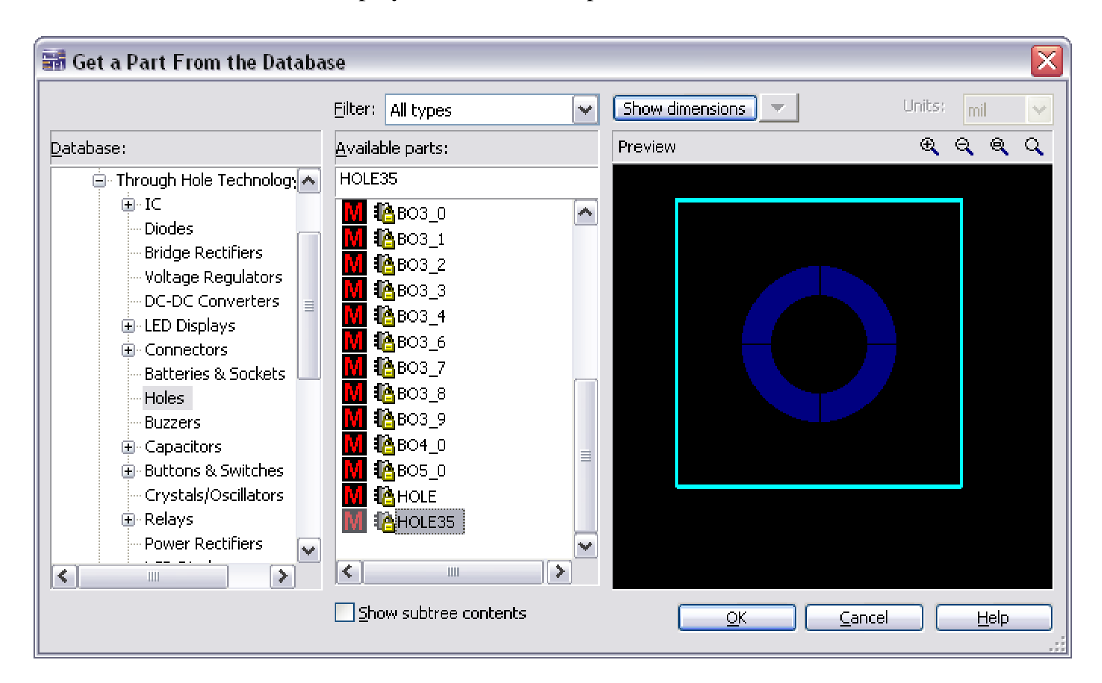
Placing Parts from the Database

In addition to placing parts imported as part of your design file, you can place parts directly from the database. The following uses this method to place the mounting holes.

Complete the following steps to place parts from the database:

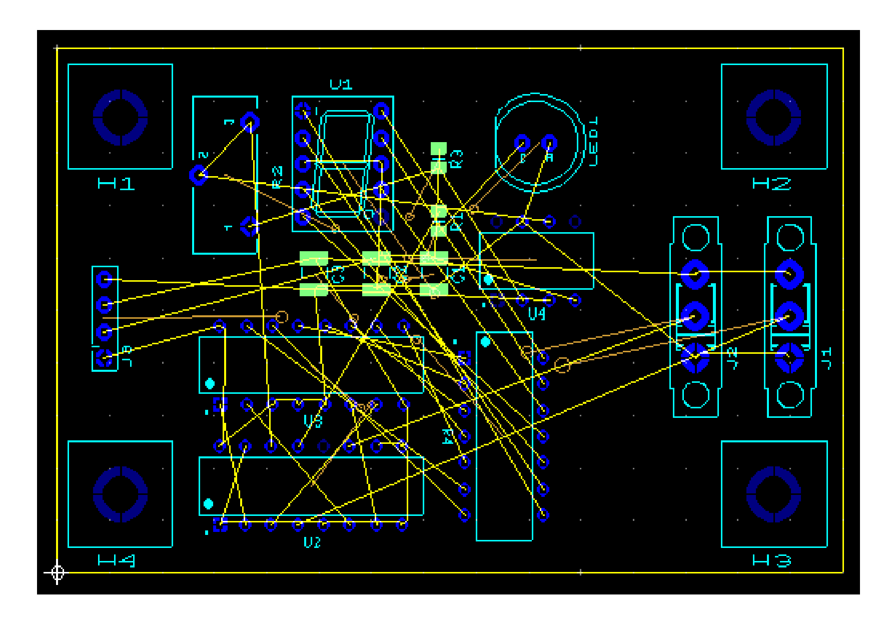


1. Choose **Place»From database**. The **Get a Part From the Database** dialog box opens.
2. In the **Database** panel, expand the **Ultiboard Master»Through Hole Technology Parts** category and navigate to the **Holes** category. The parts appear in the **Available parts** panel.
3. In the **Available parts** panel, select the **HOLE35** part. The part displays in the **Preview** panel.



4. Click **OK**. The **Get a Part From the Database** dialog box disappears, and you are prompted to enter the **RefDes** and **Value**.
5. Enter the hole's reference designator (H1) and value (HOLE) and click **OK**.
6. Move the pointer over the board. The part is attached to the pointer.
7. When the hole is in position in the top-left corner, click to drop it on the board.

8. The **Enter Reference Designation for Part** dialog box reappears, with the reference designator automatically incremented to H2.
9. Enter the value (HOLE) and click **OK** to place the next mounting hole in the top right corner, and repeat to place H3 in the bottom right corner, and H4 in the bottom left corner.
10. Click **Cancel** to stop, and click **Cancel** again to close the **Get a Part From the Database** dialog box.



Moving Parts

You can use the same methods for moving parts as you do for placing them. To select a part already on the board, simply click on it. To specify the X/Y coordinates to which the selected part is to move, press <*> on the numeric keypad. Alternatively, in the **Parts** tab, select a placed part (indicated by a bright green light beside it) and drag it to a new location.



Tip The part's label and pads are separate elements from its shape. When selecting a part on the board, be sure to select the whole part, not just the label or pads. Use the **Selection Filters** to assist with this. Refer to the *Ultiboard Help* for more information.



Tip Once a part is selected, you can also move it around on the board by pressing the arrow keys on your keyboard.

You can also select a group of parts and move them together. To do this, you can do one of the following:

- hold down the <Shift> key and click on more than one part.
- drag a box around several parts.

All the selected parts will move together when you drag the cursor.



Tip These are temporary groups—once you select another part, the group connection is lost. To make a group that remains until you remove it, you can use the **Group Editor**. For details, refer to the *Ultiboard Help*.

Another option for moving parts is to use the **Edit»Align** commands to align the edges of selected parts or to space them relative to each other.

Use the **Edit»Align** commands to align the mounting holes you just placed:

1. Select **H1** and hold down the <Shift> key to select **H2**.
2. Choose **Edit»Align»Align top**. If H2 was not originally placed exactly in line with H1, you will see it move.
3. Click on an empty space on the board, then select **H2** and **H3**.
4. Choose **Edit»Align»Align right**.
5. Continue in this manner to align the bottoms of H3 and H4, and the left sides of H1 and H4.

Placing Traces

You have the following options for placing traces:

- manual trace
- follow-me trace
- connection machine trace

A manual trace is placed exactly as you specify, even running through a component or trace if that is the path you set out. A follow-me trace automatically draws a valid trace between the pins you select with your mouse movements—you can move from pin to pin, leaving a valid trace. A connection machine trace automatically joins two pins by the most efficient route, though you have the option of changing it.

As you place a trace, and before you click to fix it in place, you can always remove a segment by backing up over it. Each time you click while placing a manual trace, or each time a follow-me trace or connection machine trace

changes direction, a separate segment of that trace is created. When performing operations on traces, be sure to select either the appropriate segment or, if you wish, the whole trace.

Placing a Manual Trace

You can continue with the design you have been working on, or open `GS3`. Be sure you are on the **Copper Top** layer before beginning—**Copper Top** should be highlighted in red in the **Layers** tab of the **Design Toolbox**.



Tip If necessary, press <F7> to show the whole design.

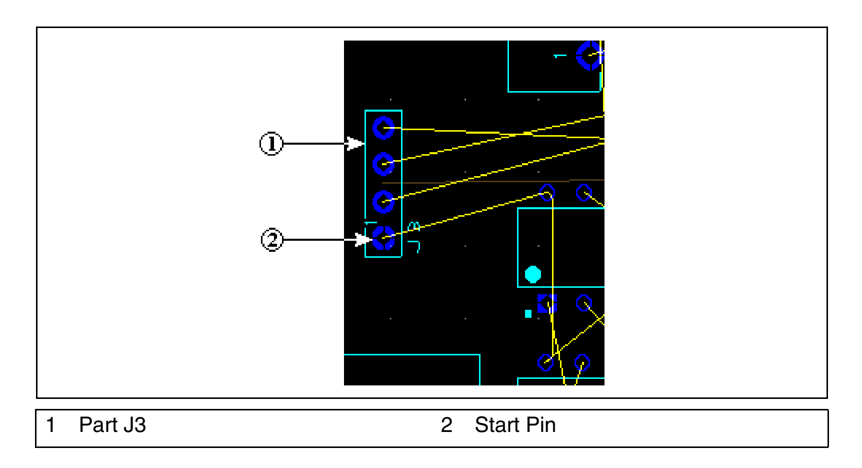
Complete the following steps to place a trace manually:

1. Choose **Place»Line**.



Tip The **Line** command is used to create a line on any layer. The results differ depending on the layer selected. For example, if the selected layer is silkscreen, you will create a line on the silkscreen layer of the PCB. If the selected layer is a copper layer, then the "line" is actually a trace.

2. Locate J3, toward the left-hand part of the board. Find the start pin shown below:



1	Part J3	2	Start Pin

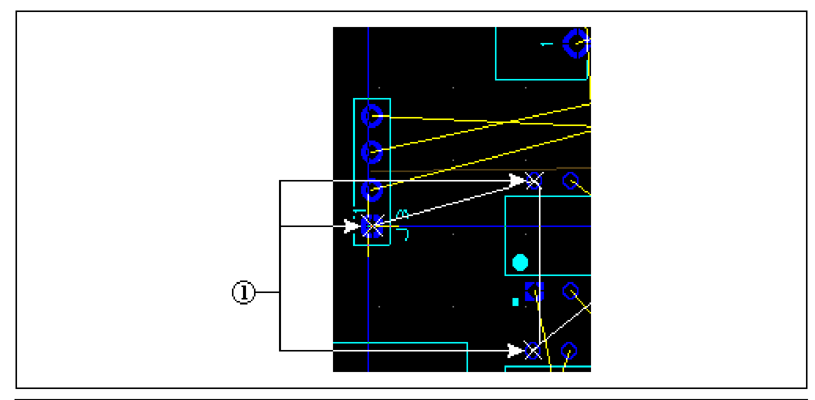


Tip You can turn off or dim the **Force Vectors** to see the nets more clearly. Do this using the **Force Vectors** checkbox in the **Layers** tab of the **Design Toolbox**. Refer to the *Ultiboard Help* for more information about **Force Vectors**.



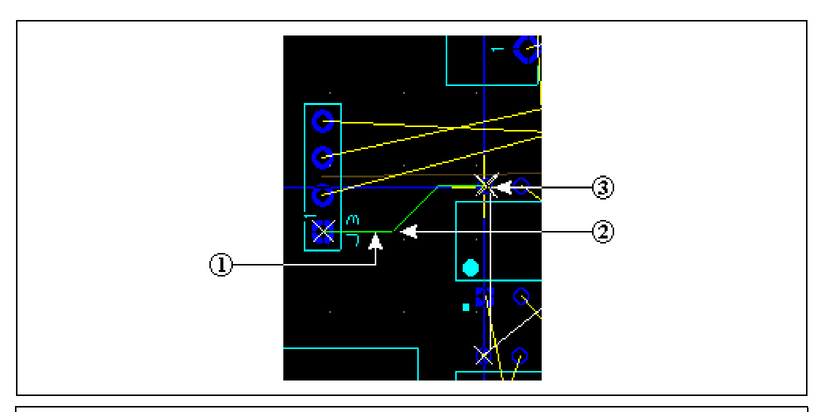
Tip If you have trouble locating the part, use the **Find** function of the **Parts** tab. Select the part in the **Parts** tab, then click the **Find and select the part** button. The part is shown in the workspace. If necessary, zoom in further using the mouse wheel.

3. Click on the pin specified in the above step. Ultiboard highlights all the pins that are part of the same net as the pin you clicked on with an X. (The color of the highlighting can be changed in the **Colors** tab of the **Global Preferences** dialog box). This is how you know which pins to connect to match the connectivity from your schematic.



1	Pins in the Same Net

4. Move the cursor in any direction. A green line (the trace) is attached to the selected pin. Each time you click, you anchor the trace segment, as shown in the figure below (2).



1	Trace	3	Destination Pin
2	Click to anchor trace		

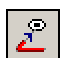
5. Click on the destination pin.



6. Right-click and choose **Cancel** to stop placing traces.
7. Click the **Select** button on the **Main** toolbar to exit line-placing mode.

Placing a Follow-me Trace

Complete the following steps to place a follow-me trace:



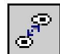
1. Choose **Place»Follow-me**.
2. Click on the top pin of J3.
3. Click on the second pin from the bottom on the left side of U4.
4. Ultiboard draws the connection for you.



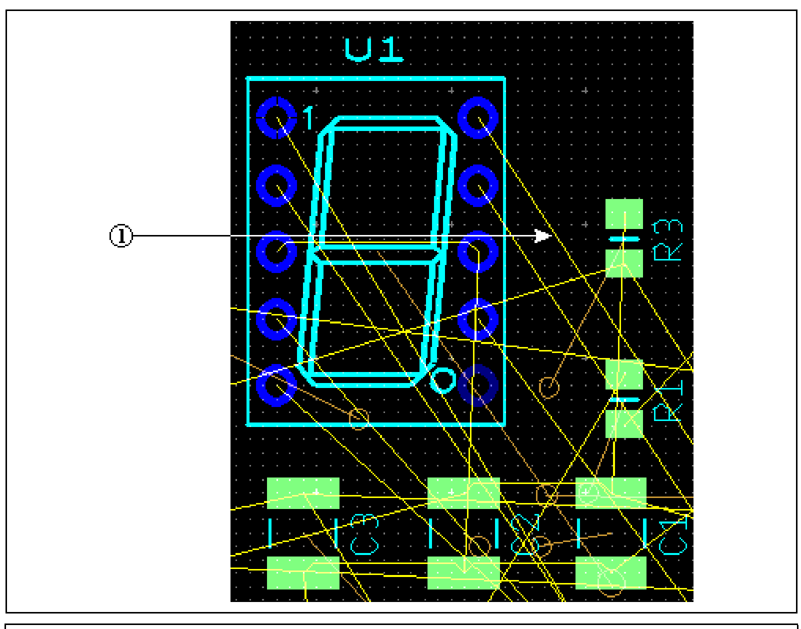
Tip You do not need to click exactly on a pin—you can also start by clicking on a ratsnest line.

Placing a Connection Machine Trace

Complete the following steps to place a **Connection Machine** trace:



1. Choose **Place»Connection Machine**.
2. Click on the segment of the ratsnest indicated below.



1 Click Ratsnest

3. Move your cursor—Ultiboard suggests various trace placement options routed around obstacles.

4. When you see the route you want, click to fix the trace. You don't have to click on the ratsnest or the destination pin.

1 Trace Segments Appear Between Pins

5. Right-click to end trace placement.

Auto Part Placement

As well as placing parts as described earlier in this chapter, you can use Ultiboard's advanced automatic part placement functionality.



Tip Before autoplacing parts, pre-place and lock any parts that you do not wish to be moved during the autoplacement process. (The mounting holes, and U1, J1, J2, J3, and LED 1 in `GS5` have been pre-placed and locked). For details on locking parts, refer to the *Ultiboard Help*.

Complete the following steps to autoplace the parts in `Getting Started`:

1. Open the `GS5` design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Autoplace parts**. The parts are placed on the circuit board.

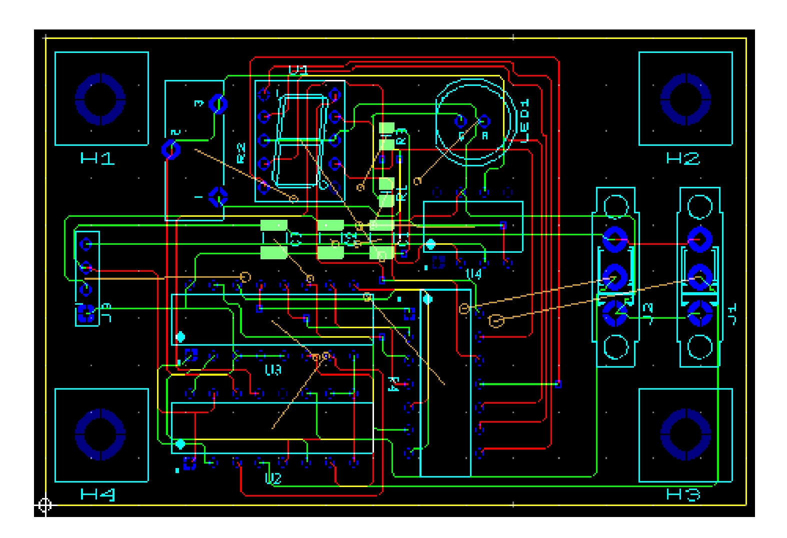
Autorouting Traces

You can place traces in Ultiboard using the methods described earlier in this chapter, or automatically route the traces as described below.

Complete the following steps to autoroute the traces in `Getting Started`:

1. Open the `GS3` design in Ultiboard.
2. Select **Autoroute»Start/resume autorouter**. The workspace switches to **Autorouter Mode** and trace autorouting begins.

   As autorouting proceeds, you will see traces being placed on the board. When autorouting is complete, **Autorouter Mode** closes and you are returned to the workspace.
3. Optionally, select **Autoroute»Optimize routing** to optimize the placement of the traces.



The autorouter can be stopped at any time and you can make manual changes as desired. When you restart the autorouter, it will continue with the changes you made. Remember to lock any traces that you have placed manually and do not wish to be moved by the autorouter.



Tip Use the **Routing Options** dialog box to modify autoplacement and autorouting options. Refer to the *Ultiboard Help* for details.

Preparing for Manufacturing/Assembly

Ultiboard can produce many different output formats to support your production and manufacturing needs. This section explains the functions performed to output your board for production and documentation purposes.

Cleaning up the Board

Before sending the board for manufacturing, you should clean up any open trace ends (trace segments that do not have any terminating connections in the design) and unused vias that have been left on the board.

To delete open trace ends, open the `GS4` design and choose **Edit»Copper delete»Open trace ends.** This deletes all open trace ends in the design.

To delete any unused vias, make sure the design is open and choose **Design»Remove unused vias** to delete all vias that do not have any trace segments or copper areas connected to them.

Adding Comments

Comments can be used to show engineering change orders, to facilitate collaborative work among team members, or to allow background information to be attached to a design.

You can "pin" a comment to the workspace, or directly to a part. When a part with an attached comment is moved, the comment also moves.

For details, refer to the *Ultiboard Help*.

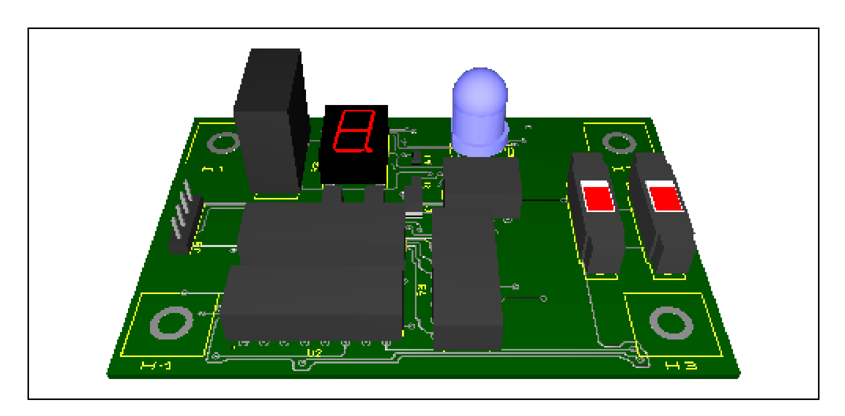
Exporting a File

An exported file contains complete information describing how a finished board is to be manufactured. Files that can be exported include Gerber RS-274X and RS-274D files.

For complete details, refer to the *Ultiboard Help*.

Viewing Designs in 3D

Ultiboard lets you see what the board looks like in three dimensions at any time during the design. For complete details, refer to the *Ultiboard Help*.





Tip You can use the **Internal View** to look between the layers of a multi-layer PCB. For details, refer to the *Ultiboard Help*.

4

Multisim MCU Tutorial

The tutorial in this chapter leads you through the process of simulating and debugging a design that contains a microcontroller.

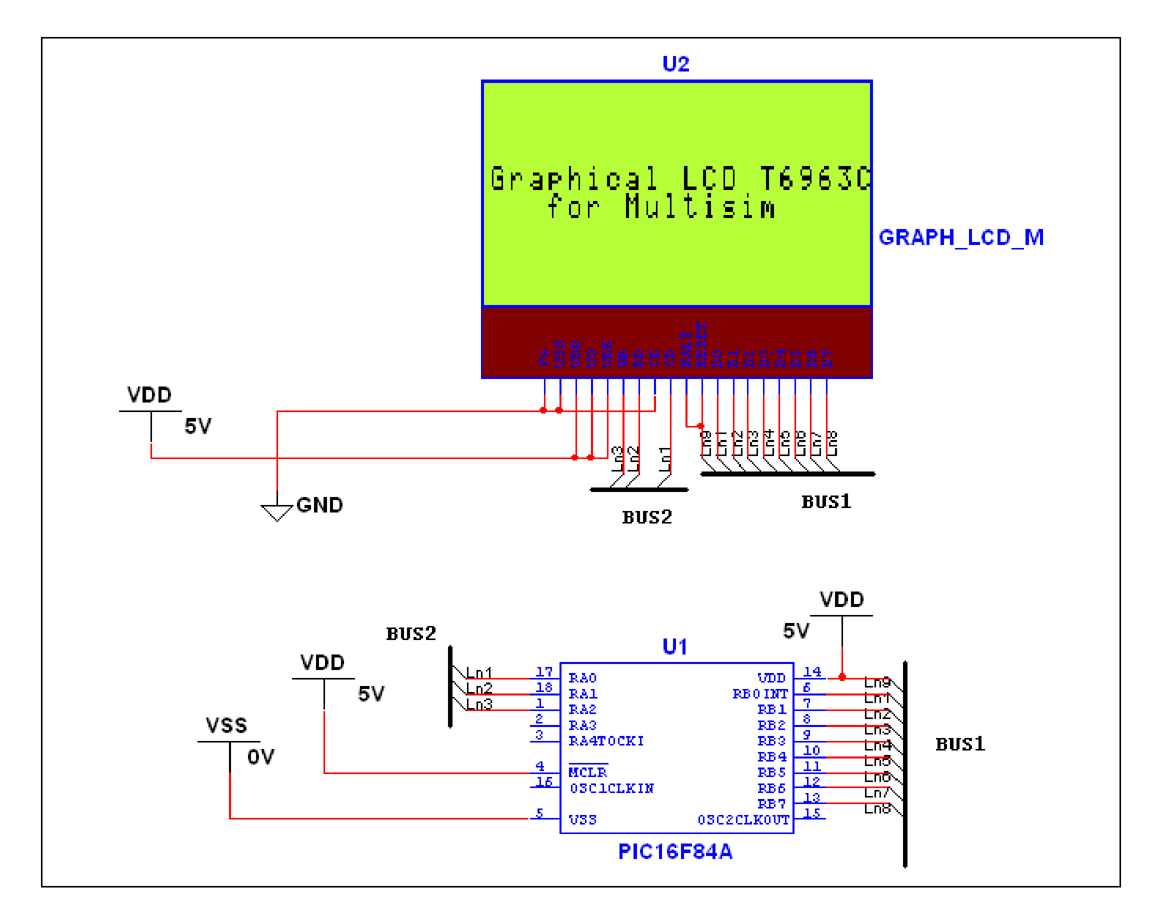
Some of the described features may not be available in your edition of Circuit Design Suite. Refer to the *NI Circuit Design Suite Release Notes* for a list of the features available in your edition.

Overview

The files used for this tutorial install with your NI Circuit Design Suite software at `...\samples\Getting Started`.

This tutorial uses `Getting Started MCU`, which accesses the contents of folder `LCDWorkspace` as required.

The LCD Graphical Display example demonstrates the use of a PIC microcontroller to control a graphical LCD display component in Multisim based on a combination of the Toshiba T6963C controller and an external display RAM. To control the LCD display, the microcontroller sends signals to the LCD through the LCD's data and control lines. A software program written for the microcontroller determines the logic behind setting the lines on its pins to high or low to send commands and data to the LCD display.



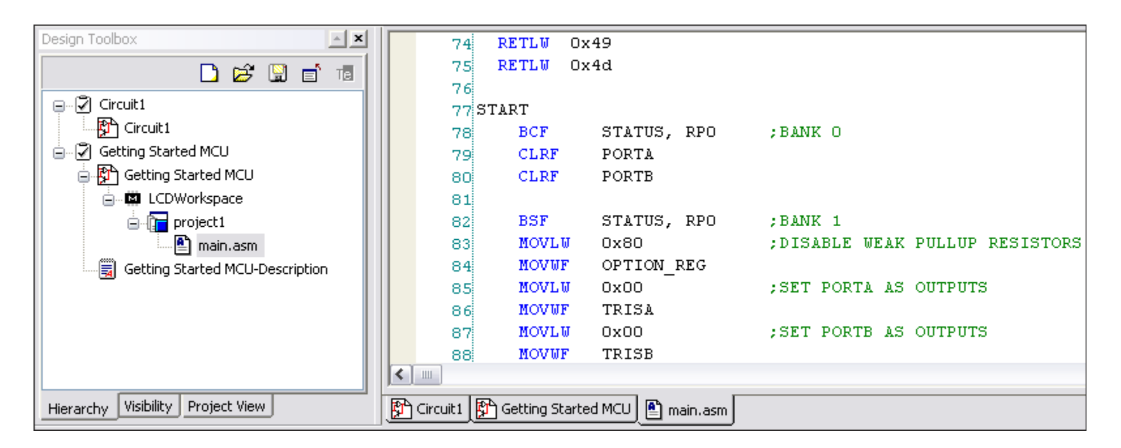
About the Tutorial

The data lines of LCD U2 are connected to pins RB0 – RB7 on microcontroller U1. The control lines of the LCD are connected to RA0 - RA2 on the microcontroller. The MCU U1 communicates with the LCD U2 via these wires. Data is sent to U2 in parallel and signals on the control lines determine the timing and type of data being sent (that is, address or data).

The LCD Graphical Display can operate in three modes: text mode, graphical mode and a combination text and graphical mode. This example demonstrates the controlling of the LCD Graphical Display in a combination text and graphical mode. The software that the MCU runs is contained in an MCU workspace that displays in the **Design Toolbox** as `LCDWorkspace`. The workspace contains one project `project1` that consists of a single source code file `main.asm`.

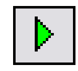
Complete the following to view the file:

1. Double-click on `main.asm` in the **Design Toolbox**. A tab appears in the schematic capture workspace called `main.asm` that displays the assembly program.



To display the line numbers, select **MCU»Line numbers**.

Complete the following to run this design:

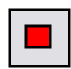


1. Select **Simulate»Run**. If you did not build your program beforehand, a dialog box displays stating that the configuration is out of date and asks if you would like to build it. Click **Yes**. The results of the build display in the **Results** tab of the **Spreadsheet View**.

   Switch back to the design tab. The program displays the line **`Graphical LCD T6963C for Multisim`** characters in text mode; the LCD then switches to graphical mode and draws an inverted "V" dot-by-dot on top of the text.

   Once the lines are drawn, the text scrolls right and then left. This is achieved by moving the start address of the text buffer of the LCD display. This also demonstrates that there are two buffers in the LCD, one for storing graphics and another for storing text. Other features of the LCD such as text flashing and erasing of characters are also demonstrated.

   The LCD display program continues to cycle through each of these effects.



To stop the simulation, select **Simulate»Stop**.

Understanding the Assembly Program

Constants and data

Switch back to `main.asm`.

To make the program easier to understand, the LCD display commands and temporary buffers for storing addresses and data in the MCU are predefined in constants at the start of the program:

```
DATA_BUFFER         EQU         0x20
DATA_BUFFER2        EQU         0x21
CMD_BUFFER          EQU         0x22
REF_BUFFER          EQU         0x24

ADDR_INDEX          EQU         0x25                ;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L              EQU         0x26                ;STARTING ADDRESS L
ADDR_H              EQU         0x27                ;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX       EQU         0x29                ;COUNTER
BIT_INDEX           EQU         0x2A                ;BIT INDEX

CMD_SET_CURSOR EQU  21H                 ;SET CURSOR
CMD_TXHOME          EQU     40H     ;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA          EQU     41H     ;SET TXT AREA
CMD_GRHOME          EQU     42H     ;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA          EQU     43H     ;SET GR AREA
CMD_OFFSET          EQU     22H     ;SET OFFSET ADD
CMD_ADPSET          EQU     24H     ;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC     EQU     0C0H    ;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON           EQU     0B0H    ;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF          EQU     0B2H    ;RESET AUTO WRITE MODE
```

The text to be displayed on the LCD display is stored in data tables for some microcontrollers, but there is no PIC assembly instruction that allows you to directly address a data value in the program memory space. Instead, you can load literal values into the W register so you can write a routine that returns a value in your string based on an index. The `RETLW` instruction loads a constant value into the W register and executes a `RETURN` in one instruction.

The `TXPRT` routine retrieves the text data to be displayed on the LCD display. The character codes for the LCD display are defined in the T6963C controller reference manual (for example, `0x27` is the code for the letter "G", `0x52` for "r", and so on):

```
;  DATA
DATA_NUM               EQU    23H
TXPRT                  ; Text data "Grapical LCD T6963C   for Multisim"
  ADDWF  PCL, 1
  RETLW  0x27
  RETLW  0x52
  RETLW  0x41
  RETLW  0x50
  RETLW  0x48
  RETLW  0x49
  RETLW  0x43
  RETLW  0x41
  RETLW  0x4c
  RETLW  0x00
  RETLW  0x2C
  …
```

Initialization

The initialization code begins at the `START` label as shown in the excerpt below. The pins in the microcontroller are set up as output pins, and the values are reset. The LCD display component is initialized by the microcontroller and set to graphical and text mode. The home addresses for the internal graphical and text buffers in the LCD display component are set to `0x0000` and `0x2941` respectively, which determines where on the display the LCD starts to display the buffer data. Finally, the control signals are set up for the proper read/write operation on the LCD display.

```
START
        BCF     STATUS, RP0            ;BANK 0
        CLRF    PORTA
        CLRF    PORTB

        BSF     STATUS, RP0            ;BANK 1
        MOVLW   0x80                   ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
        MOVWF   OPTION_REG
        MOVLW   0x00                   ;SET PORTA AS OUTPUTS
        MOVWF   TRISA
        MOVLW   0x00                   ;SET PORTB AS OUTPUTS
        MOVWF   TRISB

        BCF     STATUS, RP0            ;BANK 0
        MOVLW   0x0F                   ; 1111 no commands ready
        MOVWF    PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
        MOVLW   0x9C
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD
…
```

Drawing Text and Graphics

The rest of the program sends commands to the LCD graphical display via the control lines through MCU pins RA0 to RA2 and data through the data lines:

```
;5 write string
        MOVLW   0x7D
        MOVWF   DATA_BUFFER
        MOVLW   0x29
        MOVWF   DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
        CALL    DT2
        MOVLW   CMD_ADPSET
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   CMD_AWRON
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   0x00                    ; Initial the counter
        MOVWF   ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
        MOVF    ADDR_INDEX,0    ; STARTING data ADDRESS
        CALL     TXPRT

        MOVWF   DATA_BUFFER             ; LOAD CHAR data TO W
        CALL    ADT

        INCF    ADDR_INDEX,1

        MOVF    ADDR_INDEX, 0
        SUBLW   DATA_NUM                ; 35 chars
        BTFSS   STATUS, Z
        GOTO    LOOP_READ_DATA2

        MOVLW   CMD_AWROFF
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD
…
```

For example, the above excerpt from the main loop in the program sends the characters defined in the TXPRT subroutine to be displayed in text mode on the graphical LCD.

The following sets the LCD to auto write mode:

```
MOVLW    CMD_AWRON
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

At this point, the program starts counting, and executes through the loop LOOP_READ_DATA2 35 times. This loop calls TXPRT to retrieve the text data and load it into the W register. It then calls to the subroutine ADT, which calls SEND_DATA, which writes the values in the W register to port B, to be sent to the data lines of the LCD display. Once the data is sent, the proper value on port A of the microcontroller is sent to the control pins of the LCD display to let it know that the data is ready to be read. The subroutines all return at the end to the instruction just after the call to them and the same thing happens until all 35 characters have been transmitted. The final three instructions in the excerpt turn off the auto write mode in the LCD display after exiting the loop:

```
MOVLW        CMD_AWROFF
MOVWF        CMD_BUFFER
CALL         CMD
```

The next few instructions draw the horizontal and sloped lines in graphical mode:

```
;6 draw wave once
MOVF         ADDR_L, 0
BTFSC        STATUS, Z
CALL         DRAW_WAVE
```

Working with the MCU Debugging Features

This section provides a step-by-step walkthrough of Multisim's MCU debugging features. It is important to follow the steps exactly as scripted, otherwise, the descriptions will no longer apply. Once you understand the breakpoint and single stepping features you can explore the possibilities of more advanced MCU debugging.

Debug View Overview

To write a program for a microcontroller either in C or assembly, you create source code files (.asm, .inc, .c, .h) as part of the MCU workspace, which can in turn be edited in the source code view.

Complete the following to access the source code view:

1. Double-click on the file item (for example, main.asm) shown in the MCU workspace hierarchy in the **Design Toolbox**.

During simulation, additional debugging information displays to help you understand what is happening inside the MCU. For example, you can

switch between viewing events happening in the high level source and at the assembly instruction level which also displays the actual opcodes for each instruction that are being executed by the MCU.

The source code view is not capable of displaying all this extra information. Instead, each MCU component in the design has its own **Debug View** that displays debugging information.

Complete the following to access the **Debug View**:

1. Select **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Build**.

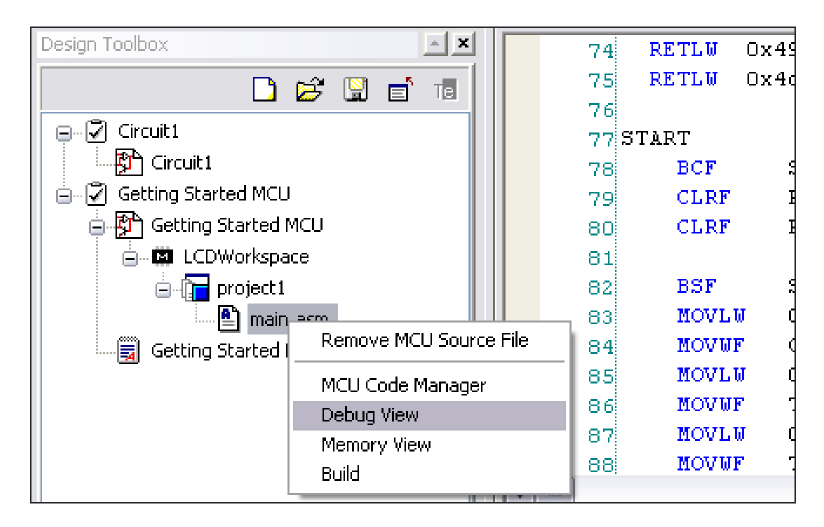


Note The **Debug View** is available only after you have successfully built your code, so the preceding step is only necessary once.

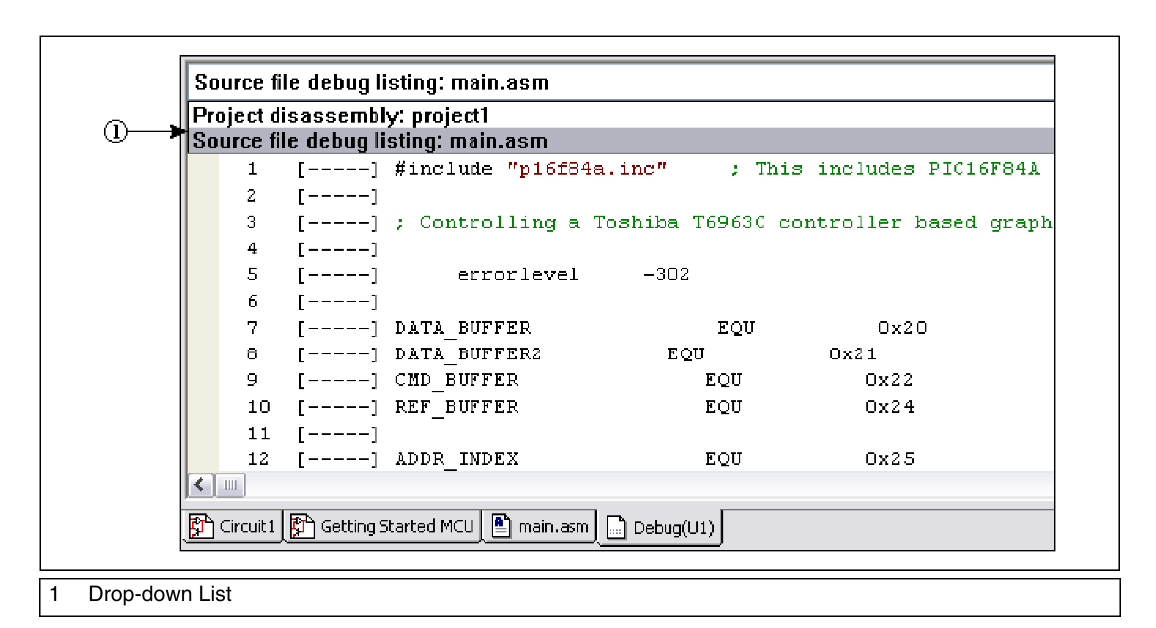
2. Select **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Debug view**.

   Or

   Use the right-click context menu on an item in the MCU workspace of the **Design Toolbox**.



   Another tab opens in the schematic capture workspace called **Debug(<reference designator of MCU>)**, in this case **Debug(U1)**.



1 Drop-down List

Use the drop-down list at the top of the **Debug View** to select between the disassembly instructions generated internally by Multisim and the listing file generated by the assembler or compiler (the format of the listing file is dependant on the tool that you choose to build your code).

In the LCD graphical display example, the code was written in assembly and built by the Microchip assembly tools. The Microchip assembler generates a listing file (`.lst`) that contains all of the opcodes generated for each assembly instruction. The debug listing view displays information from this listing file. Multisim generates the disassembly format using its internal disassembler to disassemble the opcode instructions into assembly instructions.

This format is not necessary for this example since the debug listing contains all of the information needed. In cases where an MCU project loads only the machine code (`.hex`) file, the disassembly view shows the disassembled opcode instructions so that you can see what's happening in the MCU. Since no listing file for MCU projects of this type is available, the disassembly view is very useful.

Adding a Breakpoint

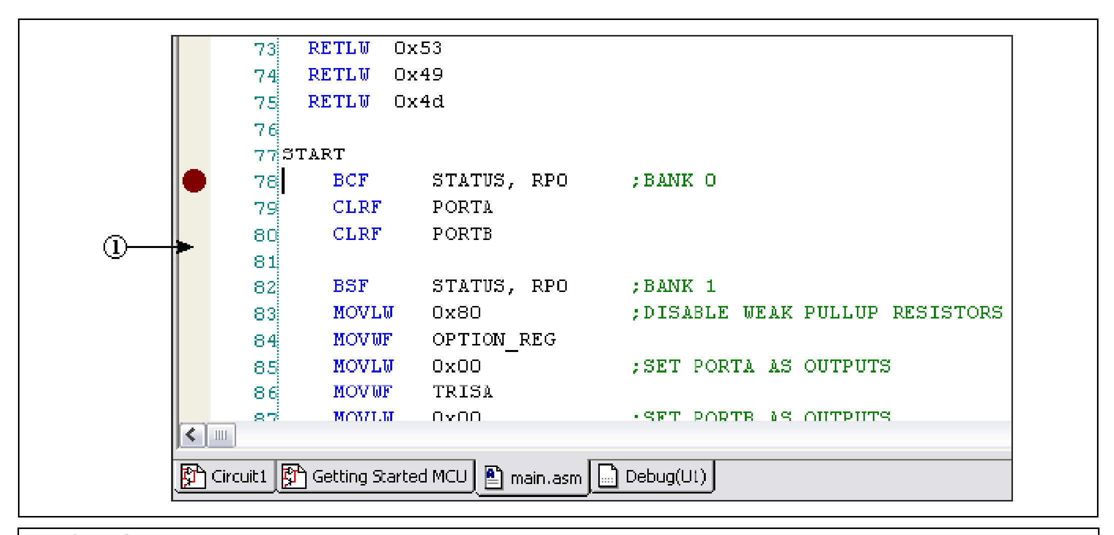
You can add breakpoints in the source code view when simulation has stopped, as well as during simulation. You can add breakpoints to a microcontroller project in two ways.

One way is to add them in the source code view. In this example, the `main.asm` tab in the schematic capture workspace is the only source code view available.



Note If your MCU design contains more than one file, there will be a source code view for each of your source code files.

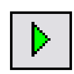
You can also set a breakpoint in the **Debug View** window. You can set breakpoints in the disassembly view or the debug listing view, but for this example, you will only use the debug listing view.



1 Grey Column

Complete the following to add a breakpoint in the source code view:

1. Open the **Debug View** for U1.
2. Double-click on `main.asm` in the **Design Toolbox**.
3. Scroll to the line just below the `START` label: `BCF STATUS, RP0`.
4. Double-click on the first (grey) column on the left side of the `main.asm` window next to the line `BCF STATUS, RP0`. A red circle appears at that location indicating that a breakpoint has been set at that line.



5. Select **Simulate»Run**. The simulation automatically pauses at the breakpoint that you have just set. The **Debug View** automatically displays with a yellow arrow showing where the MCU program execution is paused.

Complete the following to remove the breakpoint:

1. Double-click on the breakpoint in the **Debug View** or the `main.asm` source code view.

   Or



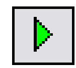
   Select **MCU»Remove all breakpoints** to remove all breakpoints.



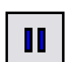
Note You can add and remove breakpoints in the **Debug View** in the same manner as the source code view.

Break and Step

1. Select **MCU»Remove all breakpoints** to remove all breakpoints.



2. Go to the design view (the **Getting Started MCU** tab) and select **Simulate»Run**. The words **`Graphical LCD T6963CC for Multisim`** start to display on the graphical LCD component.



3. Select **Simulate»Pause**.
4. Go to the **Debug View** for U1 and notice that the line of code in the debug listing view where the MCU has stopped its execution is indicated by a yellow arrow in the left-most column.

MCU Memory View :: U1 :: Getti

Registers

Name	Hex	Bit-7	Bit-6
Working register	27	0	0

Name	Address	Hex	Bit-7	B
INDF	00	00	0	0
TMR0	01	9E	1	0

IRAM

EEPROM

IROM

PC: 0193

ROM	00	01	02	03
0000	2834	0000	0000	00
0008	0000	0000	0000	00
0010	0782	3427	3452	34
0018	3441	344C	3400	34
0020	3416	3419	3416	34

Source file debug listing: main.asm

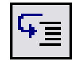
```
[-----]
[-----] READ_DATA
[0018A]      CALL SET_PORT_B_INPUT
[0018B]      MOVLW     0x04                    ; 0100
[0018C]      MOVWF    PORTA
[0018D]      MOVF      PORTB,0                  ; GET
[0018E]      MOVWF    DATA_BUFFER
[0018F]      RETURN
[-----]
[-----]
[-----] SEND_DATA
[00190]      CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
[00191]      MOVF      DATA_BUFFER, 0      ;output
[00192]      MOVWF    PORTB
[00193]      MOVLW     0x0A                    ; 1010
[00194]      MOVWF    PORTA
[00195]      BSF          PORTA, 2
[00196]      RETURN
[-----]
[-----] SEND_CMD
[00197]      CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
[00198]      MOVF      CMD_BUFFER, 0      ;output c
[00199]      MOVWF    PORTB
[0019A]      MOVLW     0x0B                    ; 1011
[0019B]      MOVWF    PORTA
[0019C]      BSF          PORTA, 2
[0019D]      RETURN
[-----]
```

5. Select **MCU»MCU PIC16F84A U1»Memory View** to view the current state of the memory inside the microcontroller U1. Notice that the value of the program counter `PC` in the **IROM** section is one higher than the address value of the line the yellow arrow is pointing to. In the example in the above figure, the address in the **Debug View** is 192 and the PC value in the **Memory View** is 193.

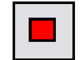


Note If the MCU has not finished executing the current command when you pause the simulation, the value in the program counter will be the same as the address value.

You can also look at the other sections of the **Memory View** to see the values inside the other parts of memory in the microcontroller.

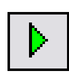
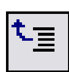


6. Click the **Step into** button in the **Simulation** tool bar.
7. The current instruction is executed and the simulation pauses at the next instruction.



8. Select **Simulate»Stop**.

Break and Step Out

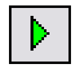
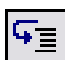



1. Place a breakpoint in the SEND_DATA subroutine at MOVWF PORTB.
2. Select **Simulate»Run**. The simulation pauses at the breakpoint.
3. Click the **Step out** button in the **Simulation** toolbar to step out of the SEND_DATA subroutine.
4. The simulation executes all of the remaining instructions in the SEND_DATA subroutine and pauses at the first instruction after the call to the SEND_DATA subroutine.

Break and Step Into

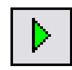


1. Select **MCU»Remove all breakpoints**.
2. Place a breakpoint at the call to SEND_DATA where you had just stepped out of just above the yellow arrow.

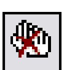
3. Select **Simulate»Run**. The simulation pauses at breakpoint that you just placed.
4. Click the **Step Into** button on the **Simulation** toolbar. The simulation pauses inside the SEND_DATA subroutine.

Break and Step Over

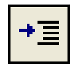



1. Select **Simulate»Run**. The simulation pauses at the same breakpoint that you set previously at the call to the subroutine SEND_DATA.
2. Click the **Step Over** button on the **Simulation** toolbar. The entire SEND_DATA subroutine is executed and the simulation pauses at the instruction after the CALL SEND_DATA instruction.

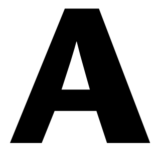
Run to Cursor



1. Select **MCU»Remove all breakpoints**.
2. Click on a line inside the SEND_DATA subroutine since we know that this subroutine will be called again to send data to the LCD display.



3. Click the **Run to cursor** button in the **Simulation** toolbar. The simulation runs until the MCU hits the instruction that you clicked on inside the SEND_DATA subroutine. It then pauses and places the yellow arrow next to that line.



Technical Support and Professional Services

Visit the following sections of the award-winning National Instruments Web site at ni.com for technical support and professional services:

- **Support**—Technical support at ni.com/support includes the following resources:
  - **Self-Help Technical Resources**—For answers and solutions, visit ni.com/support for software drivers and updates, a searchable KnowledgeBase, product manuals, step-by-step troubleshooting wizards, thousands of example programs, tutorials, application notes, instrument drivers, and so on. Registered users also receive access to the NI Discussion Forums at ni.com/forums. NI Applications Engineers make sure every question submitted online receives an answer.
  - **Standard Service Program Membership**—This program entitles members to direct access to NI Applications Engineers via phone and email for one-to-one technical support, as well as exclusive access to eLearning training modules at ni.com/eLearning. NI offers complementary membership for a full year after purchase, after which you may renew to continue your benefits.

    For information about other technical support options in your area, visit ni.com/services, or contact your local office at ni.com/contact.
- **Training and Certification**—Visit ni.com/training for training and certification program information. You can also register for instructor-led, hands-on courses at locations around the world.
- **System Integration**—If you have time constraints, limited in-house technical resources, or other project challenges, National Instruments Alliance Partner members can help. To learn more, call your local NI office or visit ni.com/alliance.

You also can visit the Worldwide Offices section of ni.com/niglobal to access the branch office Web sites, which provide up-to-date contact information, support phone numbers, email addresses, and current events.

Index

N

O

P

R

S

T

U

V

W

NI Circuit Design Suite

Erste Schritte mit der NI Circuit Design Suite

Januar 2012
374482F



Deutschsprachige Niederlassungen

National Instruments
Germany GmbH
Ganghoferstr. 70 b
80339 München
Tel.: +49 89 7413130
Fax: +49 89 7146035

National Instruments
Ges.m.b.H.
Plainbachstraße 12
5101 Salzburg-Bergheim
Tel.: +43 662 457990-0
Fax: +43 662 457990-19

National Instruments
Switzerland
Sonnenbergstrasse 53
CH-5408 Ennetbaden
Tel.: +41 56 2005151, +41 21 3205151 (Lausanne)
Fax: +41 56 2005155

Lokaler technischer Support

Deutschland:	ni.germany@ni.com	www.ni.com/germany
Österreich:	ni.austria@ni.com	www.ni.com/austria
Schweiz:	ni.switzerland@ni.com	www.ni.com/switzerland

Technischer Support und Produktinformation weltweit

ni.com

Internationale Niederlassungen

Die aktuelle Anschrift und Telefonnummer einer Niederlassung von National Instruments erhalten Sie über ni.com/niglobal. Auf der Website einer Niederlassung finden Sie auch Kontaktangaben für technischen Support und Informationen zu lokalen Veranstaltungen.

National Instruments Corporate Firmenhauptsitz

11500 North Mopac Expressway   Austin, Texas 78759-3504   USA   Tel: +1 512 683 0100

Weitere Informationen finden Sie im Anhang unter *Technische Unterstützung und professioneller Service*. Für Kommentare und Anregungen zu unserer Dokumentation geben Sie bitte auf unserer Website ni.com/info den Infocode feedback ein.

Wichtige Informationen

Garantie

National Instruments gewährleistet, dass die Datenträger, auf denen National Instruments Software übermittelt wird, während eines Zeitraums von 90 Tagen ab Lieferung, nachgewiesen durch Empfangsbestätigung oder sonstige Unterlagen, nicht aufgrund von Material- und Verarbeitungsfehlern Programmanweisungen nicht ausführen. Datenträger, die Programmanweisungen nicht ausführen, werden nach Wahl von National Instruments entweder repariert oder ersetzt, sofern National Instruments während der Garantiezeit über derartige Mängel informiert wird.

Damit Gegenstände zur Ausführung von Garantieleistungen angenommen werden, müssen Sie sich eine Warenrücksendenummer (RMA-Nummer) vom Hersteller geben lassen und diese auf der Packung deutlich sichtbar angeben. Die Kosten der Rücksendung von Ersatzteilen, die von der Garantie erfasst sind, an Sie übernimmt National Instruments.

National Instruments geht davon aus, dass die Informationen in diesem Dokument zutreffend sind. Das Dokument ist sorgfältig auf technische Richtigkeit überprüft worden. Für den Fall, dass dennoch technische oder Schreibfehler vorhanden sein sollten, behält sich National Instruments das Recht vor, dies in späteren Ausgaben ohne vorherige Ankündigung zu berichtigen. Bitte wenden Sie sich an National Instruments, falls Sie einen Fehler vermuten. National Instruments haftet in keinem Fall für Schäden, die sich aus oder im Zusammenhang mit diesem Dokument oder den darin enthaltenen Informationen ergeben.

SOWEIT HIER NICHT AUSDRÜCKLICH VORGESEHEN, SCHLIESST NATIONAL INSTRUMENTS JEDE GEWÄHRLEISTUNG, SEI SIE AUSDRÜCKLICH ODER STILLSCHWEIGEND, AUS. DIESER AUSSCHLUSS GILT INSBESONDERE FÜR EINE ETWAIGE KONKLUDENTE GEWÄHRLEISTUNG, DASS DIE PRODUKTE VON DURCHSCHNITTLICHER QUALITÄT UND FÜR DEN NORMALEN GEBRAUCH ODER FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK GEEIGNET SIND. EINE SCHADENERSATZPFLICHT FÜR SCHULDHAFTES VERHALTEN SEITENS NATIONAL INSTRUMENTS IST AUF DEN VOM KUNDEN GEZAHLTEN KAUFPREIS BEGRENZT. NATIONAL INSTRUMENTS HAFTET NICHT FÜR SCHÄDEN, DIE SICH AUS DEM VERLUST VON DATEN, ENTGANGENEM GEWINN ODER NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN ERGEBEN UND AUCH NICHT FÜR ZUFÄLLIGE ODER FOLGESCHÄDEN, SELBST WENN NATIONAL INSTRUMENTS AUF DIE MÖGLICHKEIT SOLCHER SCHÄDEN HINGEWIESEN WURDE. Diese Haftungsbegrenzung gilt unabhängig vom Rechtsgrund der Haftung. Ansprüche gegenüber National Instruments müssen innerhalb eines Jahres nach Schadenseintritt gerichtlich geltend gemacht werden. Die Firma National Instruments haftet nicht für Verspätungsschäden, die nicht in ihrem Verantwortungsbereich liegen. Diese Garantie erstreckt sich nicht auf Schäden, Fehler, Fehlfunktionen oder Servicemängel, die auf der Nichtbefolgung von Anweisungen von National Instruments für die Installation, den Betrieb oder die Wartung, auf Veränderungen des Produktes, Missbrauch oder Fehlgebrauch des Produktes, auf einer Unterbrechung der Energieversorgung, Feuer, Wasserschäden, Unfälle, Handlungen Dritter oder anderen Geschehnissen, die nicht im Verantwortungsbereich von National Instruments liegen, beruhen.

Urheberrechte

Symbole und Darstellungen

In diesem Handbuch werden die folgenden Symbole und Darstellungen verwendet:

» Das Symbol » kennzeichnet die Reihenfolge, in der Menüpunkte und Dialogfeldoptionen anzuklicken sind. So wird zum Beispiel mit der Abfolge **Extras»ERC-Markierungen löschen»Gesamte Schaltung** angezeigt, dass zunächst das Menü **Extras** zu öffnen ist, daraus die Option **ERC-Markierungen löschen** auszuwählen ist und anschließend auf **Gesamte Schaltung** zu klicken ist.



Dieses Symbol steht für einen Tipp.



Dieses Zeichen steht für einen Hinweis auf wichtige Informationen.



Mit diesem Symbol wird vor Datenverlust, Systemabsturz und Verletzungen gewarnt.

fett In fettgedruckter Schrift sind Elemente dargestellt, die ausgewählt oder angeklickt werden müssen, wie Menüpunkte oder Optionen in Dialogfeldern. Parameternamen sind ebenfalls fettgedruckt.

kursiv Variablen, Hervorhebungen, Querverweise und erstmals genannte Fachausdrücke sind durch Kursivschrift gekennzeichnet. Ebenfalls kursiv sind Textstellen gedruckt, an denen Wörter oder Werte einzusetzen sind.

`monospace` In Monospace-Schrift (nicht proportionaler Schrift) sind Programmauszüge, Syntaxbeispiele und Zeichen, die über die Tastatur einzugeben sind, dargestellt. Diese Darstellungsweise wird ebenfalls für Laufwerke, Pfade, Verzeichnisse, Programme, Unterprogramme, Subroutinen, Gerätenamen, Funktionen, Operationen, Variablen sowie Dateinamen und -erweiterungen verwendet.

`monospace fett` In dieser Schriftart sind auf dem Bildschirm ausgegebene Meldungen gekennzeichnet. Außerdem wird diese Schriftart für Kommandozeilen verwendet, die sich von anderen Beispielen unterscheiden.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1
Einführung in die NI Circuit Design Suite

Kapitel 2
Einführung in Multisim

Kapitel 3
Einführung in Ultiboard

Kapitel 4
Einführung in Multisim MCU

Anhang A
Technische Unterstützung und professioneller Service

Stichwortverzeichnis

1

Einführung in die NI Circuit Design Suite

Einige der hier genannten Funktionen sind möglicherweise nicht in Ihrer Version der Circuit Design Suite verfügbar. Der Funktionsumfang Ihrer Edition ist in den *Versionshinweisen zur NI Circuit Design Suite* beschrieben.

NI Circuit Design Suite

Die Circuit Design Suite von National Instruments ist ein EDA-Softwarepaket (Electronics Design Automation), mit dessen Hilfe Ihnen die wichtigsten Schritte zur Planung und Erstellung von Schaltungen erleichtert werden.

Multisim ist ein Programm, mit dem Sie Schaltpläne erstellen, simulieren und an den nächsten Arbeitsgang in der Leiterplattenfertigung, zum Beispiel das Leiterplattendesign, weitergeben können. Außerdem bietet das Programm Funktionen zur Simulation von gemischten analog/digitalen Schaltungen und zur Co-Simulation von Mikrocontrollern.

Ultiboard erzeugt gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Operationen durch (z. B. Platzieren der Bauelemente auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Außerdem bietet das Programm automatisierte Funktionen für Bestückung und Leiterplattenentwurf.

Einführungen

Dieses Dokument enthält folgende Einführungen:

- *Einführung in Multisim*—Stellt Ihnen Multisim und seine Funktionen vor.
- *Einführung in Ultiboard*—Zeigt Ihnen, wie Sie die Bauelemente und Leiterbahnen für die im Multisim-Kapitel beschriebenen Schaltungen richtig platzieren. Außerdem lernen Sie, wie die automatische Funk-

tion zum Einfügen von Bauelementen und Verlegen von Leiterbahnen verwendet wird.

- *Einführung in Multisim MCU*—Führt Sie durch die Simulation und Fehlersuche in einer Schaltung mit Mikrocontroller.

Weiterführende Informationen zu den in diesen Kapiteln beschriebenen Funktionen finden Sie in der *Multisim Help* oder der *Ultiboard Help*.

2

Einführung in Multisim

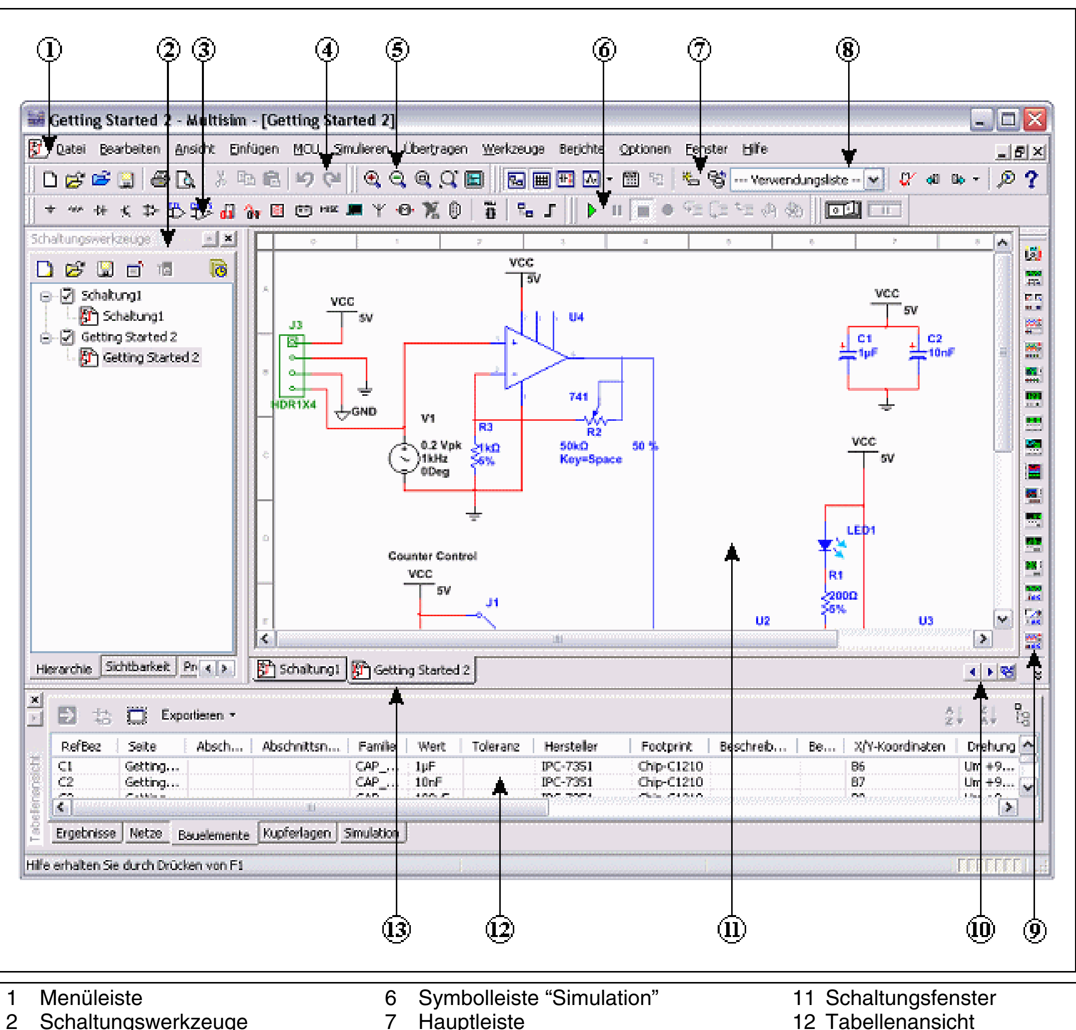
Im vorliegenden Kapitel erhalten Sie eine kurze Einführung in Multisim und seine Funktionen.

Einige der hier genannten Funktionen sind möglicherweise nicht in Ihrer Version der Circuit Design Suite verfügbar. Der Funktionsumfang Ihrer Edition ist in den *Versionshinweisen zur NI Circuit Design Suite* beschrieben.

Multisim-Benutzeroberfläche

Multisim ist das Programm der NI Circuit Design Suite, mit dem Schaltpläne erstellt und simuliert werden. Die Circuit Design Suite von National Instruments ist ein Softwarepaket zur automatisierten Elektronik-Entwicklung, die Ihnen die wichtigsten Schritte in der Schaltungsentwicklung erleichtert. In Multisim können Sie einen Schaltplan erstellen, Schaltungen simulieren und die Daten an den nächsten Arbeitsgang (z. B. Leiterplattenbestückung) exportieren.

Die Benutzeroberfläche von Multisim ist folgendermaßen aufgebaut:



1 Menüleiste	6 Symbolleiste “Simulation”	11 Schaltungsfenster
2 Schaltungswerkzeuge	7 Hauptleiste	12 Tabellenansicht
3 Symbolleiste “Bauelemente”	8 Liste verwendeter Bauelemente	13 Aktive Registerkarte
4 Symbolleiste “Standard”	9 Symbolleiste “Instrumente”	
5 Symbolleiste “Ansicht”	10 Nach links/rechts scrollen	

Die **Menüleiste** enthält die Befehle für sämtliche Funktionen.

Mit den **Schaltungswerkzeugen** können Sie nach verschiedenen Dateien eines Projekts suchen (z. B. Schaltplänen, Leiterplatten-Layouts oder Berichten), die Schaltplanhierarchie aufrufen und die darzustellenden Lagen auswählen.

Über die Schaltflächen der Symbolleiste **Bauelemente** können Sie Bauelemente auswählen, die Sie in Ihre Schaltung einfügen möchten.

Die Symbolleiste **Standard** enthält Schaltflächen für die meistverwendeten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.

Die Symbolleiste **Ansicht** enthält Schaltflächen zum Ändern der Bildschirmanzeige.

Die Symbolleiste **Simulation** enthält Schaltflächen zum Steuern von Simulationen.

Die **Hauptleiste** enthält Schaltflächen für allgemeine Multisim-Funktionen.

Die **Liste verwendeter Bauelemente** enthält eine Liste aller in der Schaltung verwendeten Bauelemente.

Die Symbolleiste **Instrumente** enthält Schaltflächen für jedes Instrument.

Im **Schaltungsfenster** (auch als Arbeitsbereich bezeichnet) wird der Schaltplan dargestellt.

Die **Tabellenansicht** ermöglicht die Anzeige von Parametern und Angaben zu Bauelementen wie Platzbedarfsinformationen, Referenzbezeichnungen, Attribute und Entwurfsregeln. Hier können Sie z. B. die Parameter mehrerer Bauelemente gleichzeitig ändern.

Überblick

Dieses Dokument beleuchtet alle Aspekte der Erstellung einer technischen Schaltung vom Entwurf eines Schaltplans über die Simulation der Schaltung bis hin zur Analyse der Ergebnisse. Nach dem Abarbeiten der beschriebenen Schritte erstellen Sie eine Schaltung, mit der ein analoges Kleinsignal erfasst und verstärkt wird und dessen Auftreten mit einem einfachen digitalen Zähler ermittelt wird.

Nützliche Tipps sind links durch ein Symbol gekennzeichnet, wie z. B. im folgenden Tipp:



Tipp Sie können jederzeit die Hilfe aufrufen, indem Sie die <F1>-Taste drücken oder in einem Dialogfeld die Schaltfläche **Hilfe** anklicken.

Schaltplan

In diesem Abschnitt fügen Sie die Bauelemente für die unten abgebildete Schaltung ein und verbinden sie miteinander.

Öffnen und Speichern der Datei

Gehen Sie nach folgenden Schritten vor:

1. Starten Sie Multisim. Im Arbeitsbereich wird eine leere Datei mit dem Namen `Schaltung1` geöffnet.
2. Wählen Sie **Datei»Speichern unter**. Es öffnet sich das Windows-Dialogfeld zum Speichern von Dateien.
3. Wählen Sie einen Speicherort für die Datei aus. Geben Sie anschließend als Dateinamen `MyGettingStarted` ein und klicken Sie auf die Schaltfläche **Speichern**.



Tipp Um Datenverlust vorzubeugen, sollten Sie über die Registerkarte **Speichern** des Dialogfelds **Allgemeine Einstellungen** regelmäßig Sicherungskopien erstellen.

Zum Öffnen einer vorhandenen Datei gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf **Datei»Datei öffnen**, wählen Sie eine Datei aus und klicken Sie auf die Schaltfläche **Öffnen**.

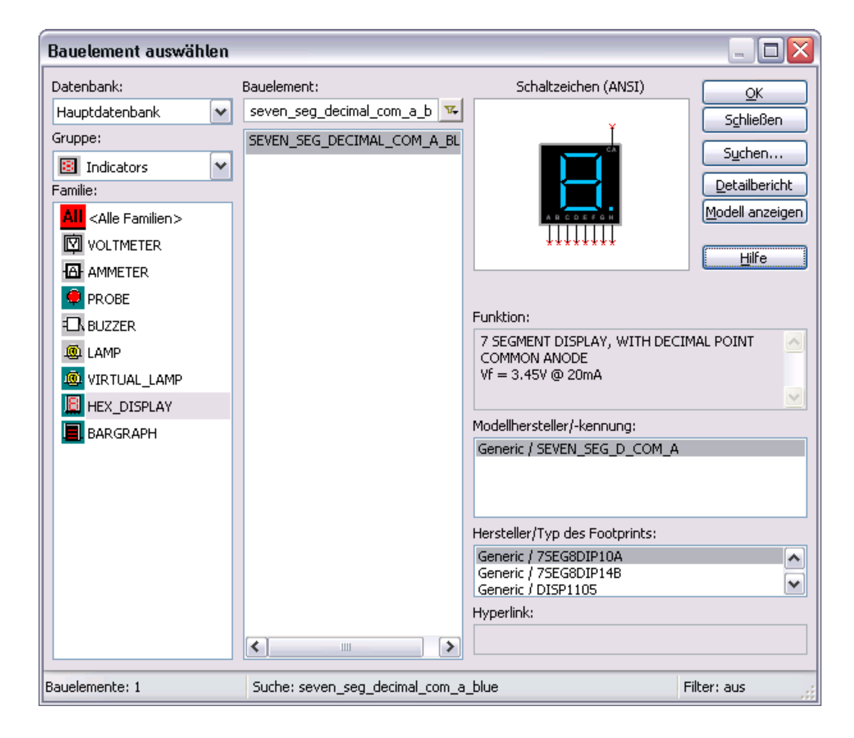
Einfügen der Bauelemente

Zum Einfügen von Bauelementen gehen Sie wie folgt vor:

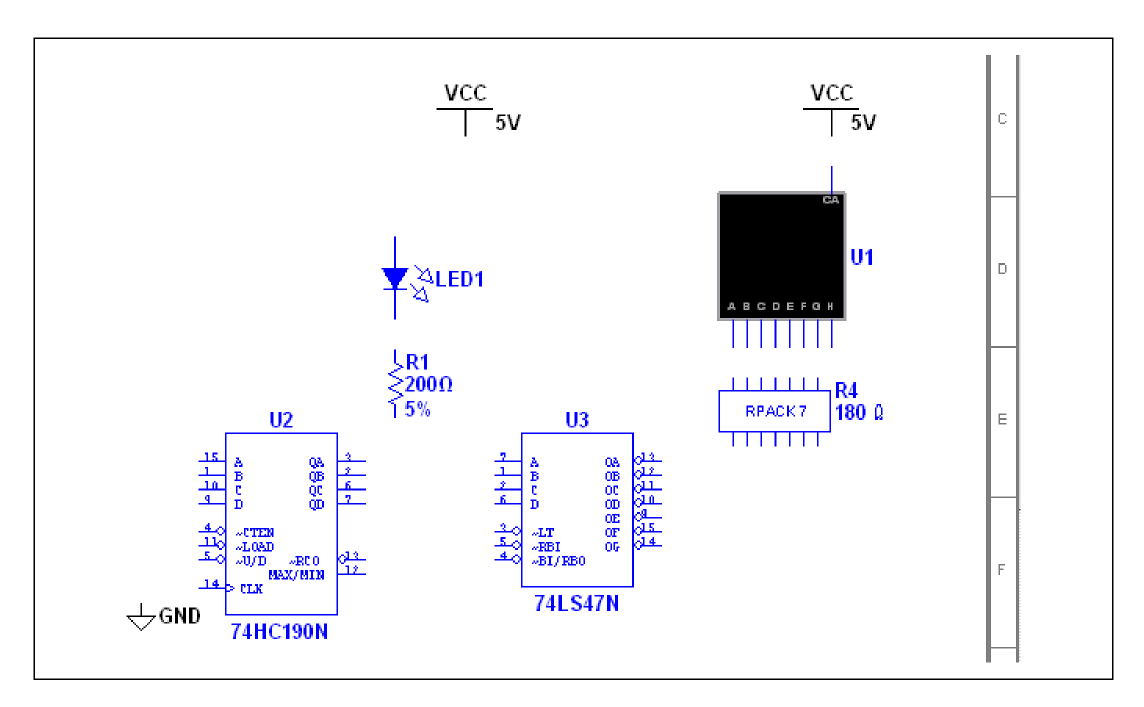
1. Öffnen Sie die Datei `MyGettingStarted` wie oben beschrieben.
2. Klicken Sie auf **Einfügen»Bauelement**, um zum Dialogfeld **Bauelement auswählen** zu gelangen. Wählen Sie hier die in der folgenden Abbildung dargestellte 7-Segment-LED-Anzeige aus und klicken Sie auf **OK**. Das Bauelement erscheint daraufhin umrisshaft unter dem Cursor.



Tipp Nach Auswahl der **Gruppe** und **Familie** des Bauelements können Sie unter **Bauelement** den Namen des Bauelements eingeben. Ihre Eingabe wird im Feld **Suche** am unteren Rand des Fensters angezeigt. Geben Sie für das obige Beispiel `seven_seg_decimal_com_a_blue` ein. Übereinstimmungen werden bereits bei der Eingabe angezeigt.



3. Bewegen Sie den Cursor in die rechte untere Ecke der Arbeitsfläche und klicken Sie mit der linken Maustaste, um das Bauelement einzufügen. Die Kennung für dieses Bauelement lautet “U1”.
4. Fügen Sie die restlichen Bauelemente wie dargestellt in den Bereich für den Zähler ein.





Hinweis Beim Einfügen von Widerständen, Spulen oder Kondensatoren (RLC-Bauelementen) enthält das Dialogfeld **Bauelement auswählen** geringfügig andere Optionen als sonst. Beim Einfügen der Bauelemente können Sie eine beliebige Kombination der folgenden Parameter wählen: Wert des Bauelements (z. B. Widerstandswert), Typ (z. B. Kohleschicht), Toleranz, Footprint und Hersteller. Beim Einfügen eines Bauelements, das später in ein PCB-Layout exportiert und in die **Stückliste** aufgenommen werden soll, müssen Sie darauf achten, dass die im Dialogfeld **Bauelement auswählen** angegebene Kombination von Werten auch wirklich verfügbar ist.



Tipp Beim Einfügen von RLC-Bauelementen ist der Wert des Bauelements ganz oben in die Liste der **Bauelemente** einzutragen. Der Wert muss aber nicht in der Liste enthalten sein, damit das Bauelement in die Schaltung eingefügt werden kann.

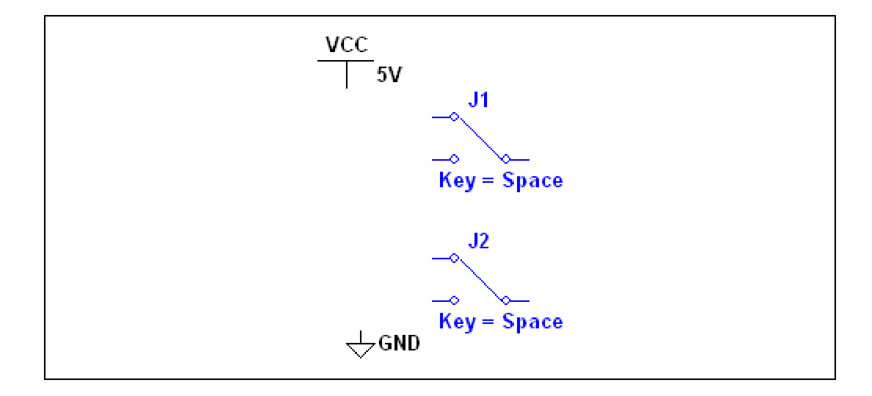


Tipp Um den 200-Ω-Widerstand senkrecht anzuordnen, drücken Sie beim Einfügen des Widerstands die Tastenkombination <Strg + R>.



Tipp Die Nummerierung der Referenzbezeichner für die Bauelemente entspricht der Reihenfolge, in der die Bauelemente eingefügt werden (z. B. U1, U2, U3). Wenn Sie also die Bauelemente in einer anderen Reihenfolge als in der Abbildung einfügen, ändert sich auch die Nummerierung entsprechend. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Funktion der Schaltung.

5. Fügen Sie die Bauelemente für die Steuerung des Zählers ein. Klicken Sie nach dem Einfügen mit der rechten Maustaste auf jeden SPDT-Schalter und wählen Sie **Horizontal spiegeln**.



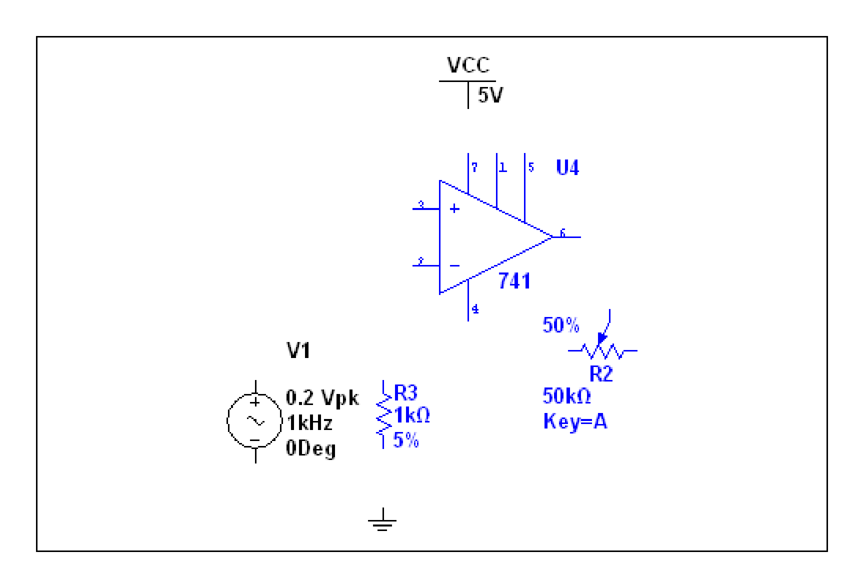


Tipp Die SPDT-Schalter befinden sich in der Gruppe **Basic** und der Familie **Switch**.

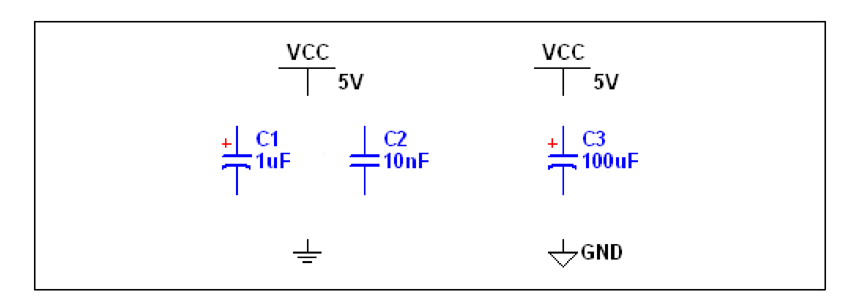


Tipp Wenn das benötigte Bauelement schon im Schaltplan vorhanden ist, markieren Sie es, wählen Sie **Bearbeiten»Kopieren** und dann **Bearbeiten»Einfügen**. Sie können es außerdem aus der Liste **Verwendete Bauelemente** auswählen und durch einen Klick in den Schaltplan einfügen.

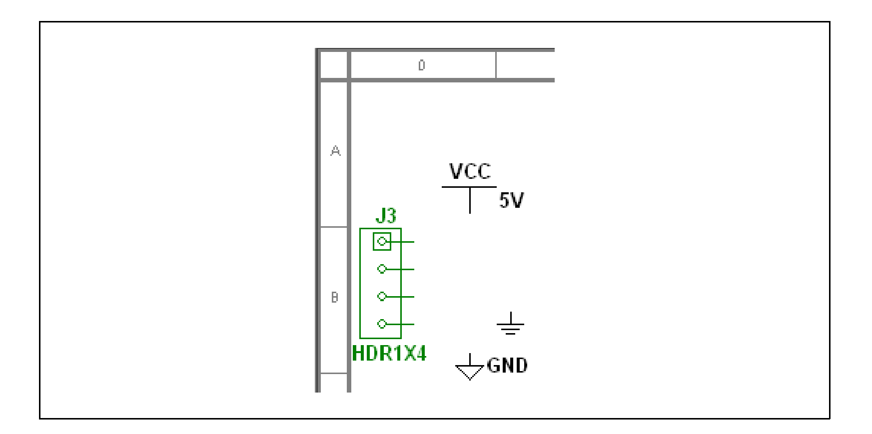
6. Fügen Sie die Bauelemente für den Analogverstärker wie dargestellt ein und drehen Sie sie bei Bedarf.



7. Klicken Sie doppelt auf die Wechselspannungsquelle und ändern Sie **Spitzenspannung (Pk)** in 0,2 V und klicken Sie zum Schließen des Dialogfelds auf **OK**.
8. Fügen Sie die Bauelemente für die Überbrückungskondensatoren wie dargestellt ein.



9. Fügen Sie den Kollektor und die dazugehörigen Bauelemente ein (vgl. die Abbildung unten).





Tipp J3 befindet sich in der Gruppe **Connectors** und der Familie **Generic**.



Tipp Nach dem Verdrahten einer Schaltung können Sie Bauelemente mit zwei Anschlüssen – z. B. Widerstände – einfach auf eine Verbindung legen. Multisim fügt das Bauelement dann automatisch in den Stromkreis ein.

Verbinden der Bauelemente

Alle Bauelemente haben Pins, über die sie mit anderen Bauelementen oder Geräten verbunden werden können. Sobald sich der Cursor über einem Pin befindet, verwandelt sich der Cursor in ein Fadenkreuz und Sie können Verbindungen herstellen.

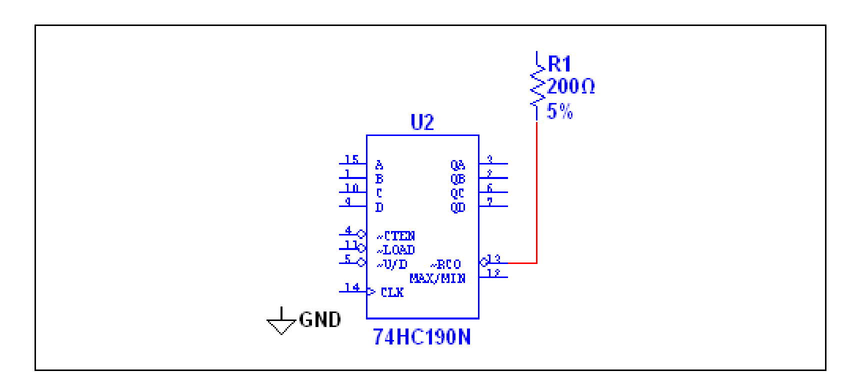


Tipp Sie können nun entweder die Bauelemente zu einer Schaltung verbinden oder die Datei `Getting Started 1` verwenden. Diese befindet sich im Unterordner `Getting Started` des Ordners `samples`.

Um Bauelemente zu verbinden, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie den Ausgangspunkt für die Verbindung an (der Cursor verwandelt sich daraufhin in ein Fadenkreuz) und bewegen Sie die Maus. Daraufhin erscheint unter dem Cursor eine Linie, die eine Leiterbahn symbolisiert.
2. Klicken Sie auf den Pin des zweiten Bauelements, an dem die Verbindung enden soll. Multisim erstellt daraufhin eine Leiterbahn und fügt diese, wie nachfolgend dargestellt, automatisch an der richtigen Stelle

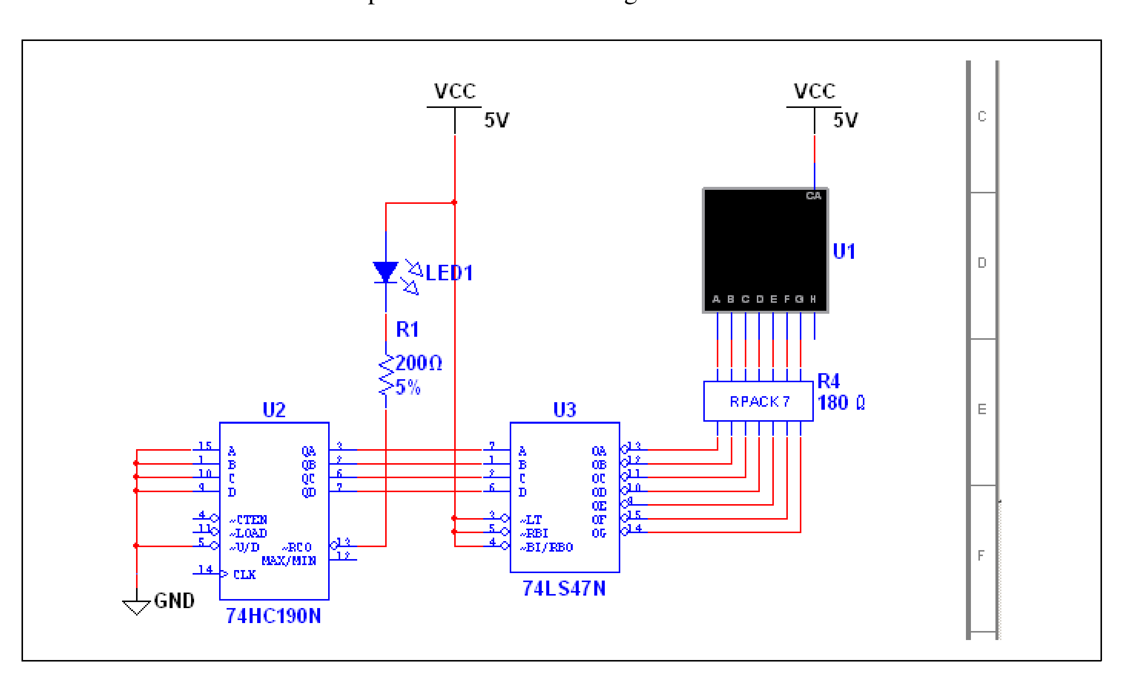
und in der richtigen Konfiguration ein. Diese Funktion spart insbesondere beim Verbinden großer Schaltungen viel Zeit.





Tipp Der Verlauf der Leiterbahn kann durch Mausklicks bestimmt werden. Bei jedem Klick wird die Leiterbahn an der entsprechenden Stelle fixiert.

3. Verbinden Sie die restlichen Bauelemente für den Zählerbaustein entsprechend der Darstellung.



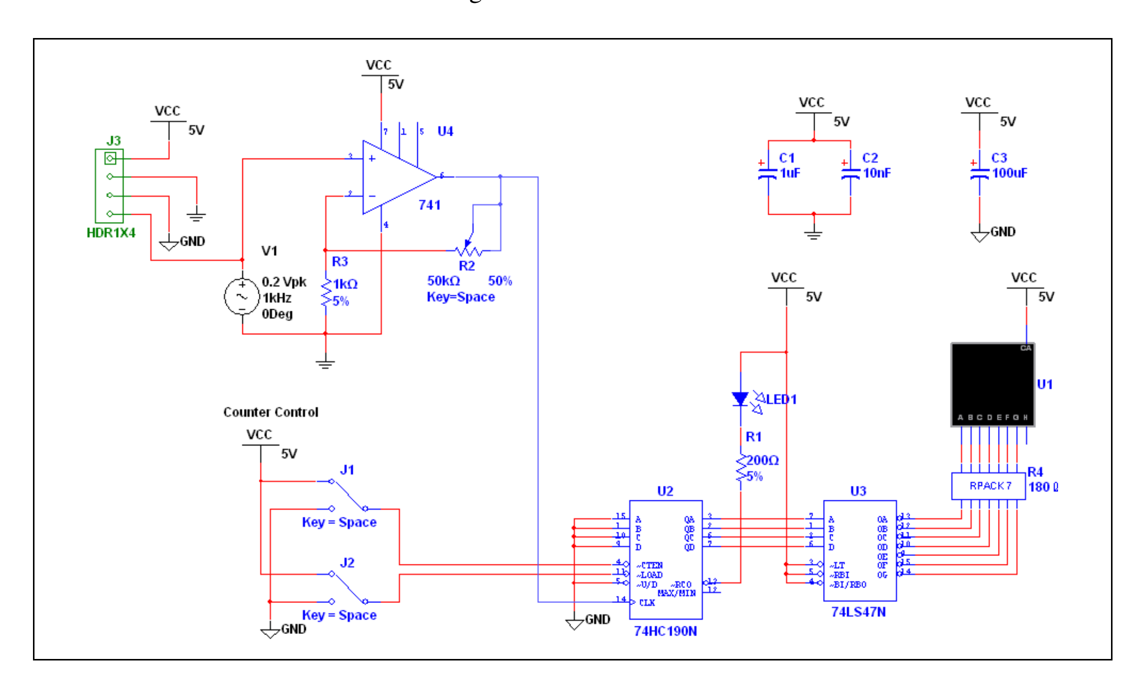


Tipp Mit Hilfe von **Busvektorverbindungen** können die Verbindungen von Bauelementen mit mehreren Pins (z. B. U3 und R4) als Busleitung geführt werden. Einzelheiten dazu entnehmen Sie bitte der *Multisim Help*.



Tipp **Virtuelle Verbindungen** – Damit die Verbindung nicht zu unübersichtlich wird, können Sie zwischen den Abschnitten “Counter Control” und “Digital Counter” mit Hilfe von seitenspezifischen Steckverbindern virtuelle Verbindungen herstellen.

4. Verdrahten Sie den Rest der Schaltung entsprechend der folgenden Abbildung.



Simulation

Durch Simulation einer Schaltung mit Multisim lassen sich schon früh Schaltungsfehler erkennen, wodurch Zeit und Geld gespart wird.

Virtuelle Messinstrumente

In diesem Abschnitt wird die Schaltung simuliert und das Ergebnis mit Hilfe eines virtuellen Oszillographen angezeigt.



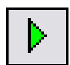
Tipp Um Zeit zu sparen, können Sie aber auch die Datei `Getting Started 2` aus dem Ordner `Getting Started` verwenden, der sich unter `samples` befindet.

1. J1, J2 und R2 sind interaktive Bauelemente.

   Um die Bedientasten für J1, J2 und R2 festzulegen, klicken Sie die Bauelemente doppelt an und klicken Sie auf die Registerkarte **Wert**. Geben Sie in das Feld **Umschalttaste** für J1 `E` und für J2 `L` ein. Geben Sie in das Feld **Taste** für R2 `A` ein.
2. Zur Aktivierung des Zählers drücken Sie die Taste <E> oder klicken Sie auf die verbreiterte Linie, die angezeigt wird, wenn sich der Cursor über J1 befindet. Der Aktivierungseingang ist low-aktiv.
3. Um einen Oszillographen einzufügen, wählen Sie **Simulieren»Instrumente»Oszillograph**. Verbinden Sie das Gerät wie im Schritt 5 dargestellt mit der restlichen Schaltung.



Tipp Um einfach zwischen den Kurven auf dem Oszillographen zu unterscheiden, klicken Sie die Leitung, die zum Eingang **B** des Geräts führt, mit der rechten Maustaste an und wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option **Segmentfarbe** aus. Wählen Sie eine andere Farbe als die der Leitung an Eingang **A** aus, z. B. Blau (um die Farbe oder eine andere Einstellung zu ändern, muss die Simulation gestoppt werden).



4. Klicken Sie das Symbol für den Oszillographen doppelt an, um die Vorderseite des Geräts mit der Anzeige und den Bedienknöpfen einzublenden. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Im Oszillographen wird nun das Ausgangssignal des Operationsverstärkers angezeigt.

5. Stellen Sie die Skalierung der Zeitbasis auf 2 ms pro Skalenteil und die Empfindlichkeit von Kanal A auf 500 mV pro Skalenteil ein. Der Oszillograph zeigt die Kurven dann folgendermaßen an:

   Während der Simulation der Schaltung zählt die 7-Segment-Anzeige aufwärts. Wenn der Zähler einmal durchgezählt hat, leuchtet eine LED auf.

6. Drücken Sie während der Simulation die Taste <E>, um den Zähler zu aktivieren oder zu deaktivieren. Der Aktivierungseingang ist low-aktiv.

   Mit <L> wird der Zähler auf Null gestellt. Der Rückstelleingang ist ebenfalls low-aktiv.

   Drücken Sie <Umschalt + A> und beobachten Sie, was beim Verringern des Potentiometerwerts geschieht. Wiederholen Sie das Ganze, aber drücken Sie diesmal <A>, um den Potentiometerwert zu erhöhen.



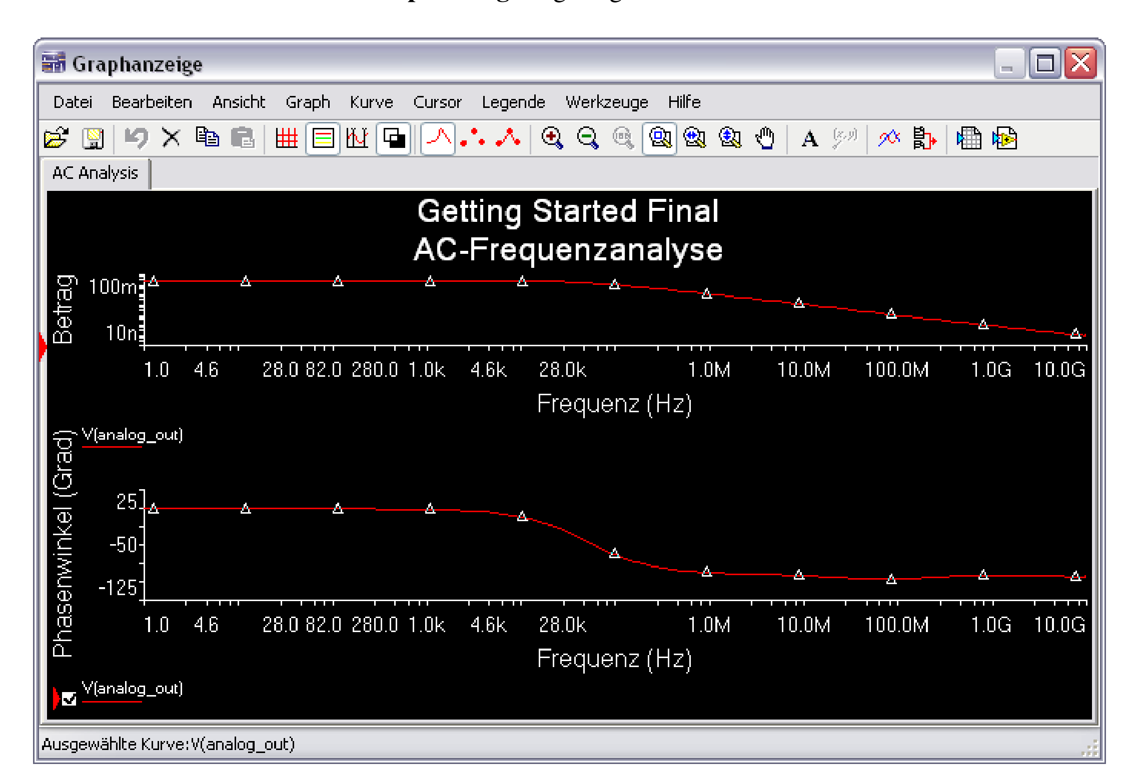
Tipp Statt mit den oben genannten Tasten können Sie die Bauelemente auch mit der Maus bedienen.

Analyse

In diesem Abschnitt führen Sie an Ihrer Schaltung eine **AC-Analyse** durch, um den Frequenzgang des Verstärkers zu prüfen.

Zum Durchführen einer **AC-Analyse** am Ausgang des Operationsverstärkers gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie die Leiterbahn doppelt an, die zu Pin 6 des Operationsverstärkers führt, und ändern Sie ggf. den bevorzugten Netznamen im Dialogfeld **Netzeigenschaften** in `analog_out`.
2. Wählen Sie **Simulieren»Analysen»AC-Analyse** und klicken Sie auf die Registerkarte **Ausgabe**.
3. Markieren Sie `V(analog_out)` in der linken Spalte, **Variablen in Schaltung**, und klicken Sie auf **Hinzufügen**. Der Eintrag `V(analog_out)` wird daraufhin in die rechte Spalte, **Für Analyse ausgewählte Variablen**, verschoben. Damit wird kenntlich gemacht, dass die Spannung am Knoten `V(analog_out)` nach der Simulation angezeigt wird.
4. Klicken Sie auf **Simulieren**. Die Ergebnisse der Analyse werden in der **Graphanzeige** angezeigt.

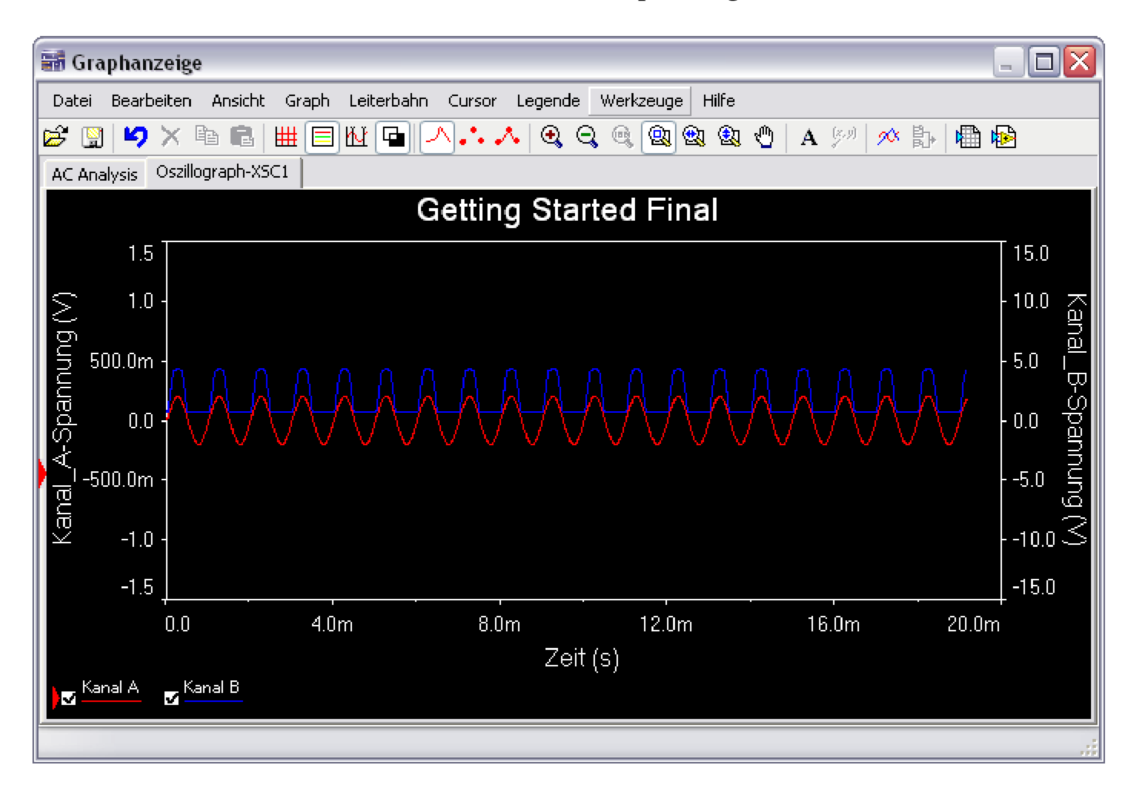


Graphanzeige

In der **Graphanzeige** können Graphen und Tabellen angezeigt, bearbeitet, gespeichert und exportiert werden. In diesem Fenster werden die Ergebnisse aller Multisim-Analysen in Graphen und Diagrammen oder Kurvengraphen dargestellt (wie bei einem Oszillographen).

Zur Anzeige der Simulationsergebnisse in der **Graphanzeige** gehen Sie wie folgt vor:

1. Starten Sie die Simulation mit Hilfe des Oszillographen wie oben beschrieben.
2. Wählen Sie **Ansicht»Graphanzeige**.



Postprozessor

Im **Postprozessor** können Sie mit Ihren Analyseergebnissen Berechnungen durchführen oder die Ergebnisse grafisch darstellen. Auf die Ergebnisse können arithmetische, trigonometrische, logarithmische, komplexe und logische Operationen sowie Exponential- und Vektorfunktionen angewandt werden.

Berichte

In Multisim können Berichte unterschiedlichster Art erzeugt werden, z. B. **Stücklisten** (BOMs), **Einzelheiten zu Bauelementen**, **Netzlisten**, **Schaltplanstatistiken**, **Listen unbelegter Gatter** oder **Querverweisberichte**. In diesem Abschnitt soll für den Beispielschaltplan eine **Stückliste** erstellt werden.

Stückliste

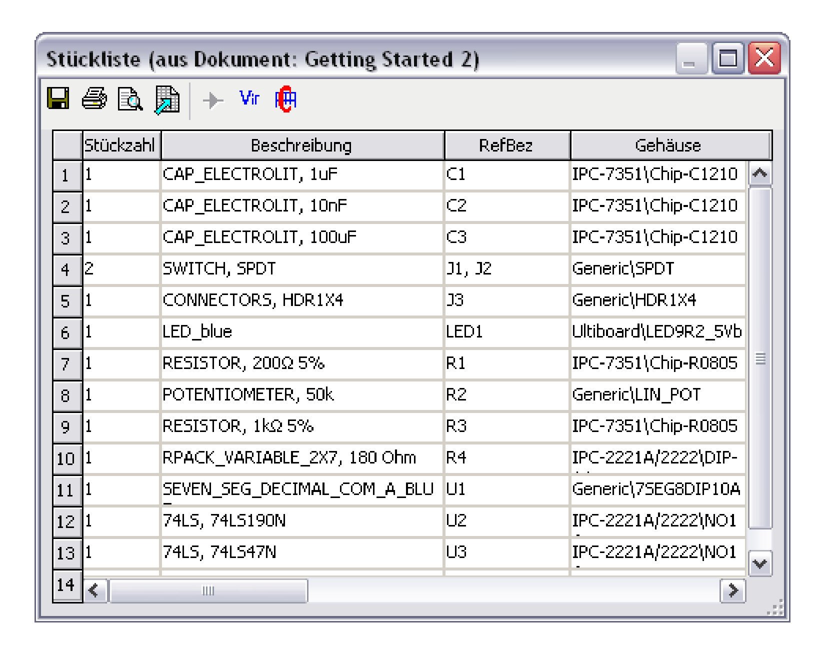
Eine Stückliste ist eine Aufstellung der Bauelemente, die für eine bestimmte Schaltung und die Herstellung der zugehörigen Leiterplatte verwendet werden. Sie enthält folgende Angaben:

- Stückzahl der benötigten Bauelemente
- Beschreibung jedes Bauelements einschließlich des Bauelementtyps (z. B. Widerstand) und des Werts (z. B. 5,1 kΩ)
- Referenzbezeichner jedes Bauelements
- Gehäuse oder Footprint jedes Bauelements

Zum Erstellen einer Stückliste zu Ihrer Schaltung gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Berichte»Stückliste**.

   Nun wird die Stückliste geöffnet, die in etwa wie folgt aussieht:

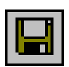


Stückliste (aus Dokument: Getting Started 2)

	Stückzahl	Beschreibung	RefBez	Gehäuse
1	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip-C1210
2	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip-C1210
3	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip-C1210
4	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
5	1	CONNECTORS, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X4
6	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9R2_5Vb
7	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip-R0805
8	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_POT
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip-R0805
10	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	IPC-2221A/2222\DIP-
11	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLU	U1	Generic\7SEG8DIP10A
12	1	74LS, 74LS190N	U2	IPC-2221A/2222\NO1
13	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2222\NO1
14				

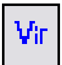


Zum Drucken der Stückliste klicken Sie auf die Schaltfläche **Drucken**. Daraufhin öffnet sich das Windows-Druckdialogfeld, in dem Sie den gewünschten Drucker, die Anzahl der Kopien usw. auswählen können.



Klicken Sie zum Speichern der Stückliste auf die Schaltfläche **Speichern**. Daraufhin öffnet sich das Windows-Dialogfeld zum Speichern von Dateien, in dem Sie den Pfad und den Dateinamen angeben können.

Da die Stückliste hauptsächlich zur Unterstützung bei der Beschaffung und Herstellung gedacht ist, enthält sie keine Bauelemente, die nicht real sind oder nicht beschafft werden können, wie z. B. Quellen oder virtuelle Bauelemente. Bauelemente, denen kein Footprint zugewiesen ist, erscheinen nicht in der Stückliste.



Wenn Sie eine Liste der Bauelemente in Ihrer Schaltung sehen möchten, bei denen es sich nicht um reale Bauelemente handelt, klicken Sie auf die Schaltfläche **Virtuelle Bauelemente anzeigen**. Daraufhin wird ein weiteres Fenster geöffnet, in dem nur diese Bauelemente angezeigt werden.

Weitere Informationen zu Stücklisten und anderen Berichtarten finden Sie in der *Multisim Help*.

3 Einführung in Ultiboard

In diesem Kapitel wird die praktische Erstellung von Leiterplatten anhand der im Multisim-Kapitel beschriebenen Schaltpläne erläutert.

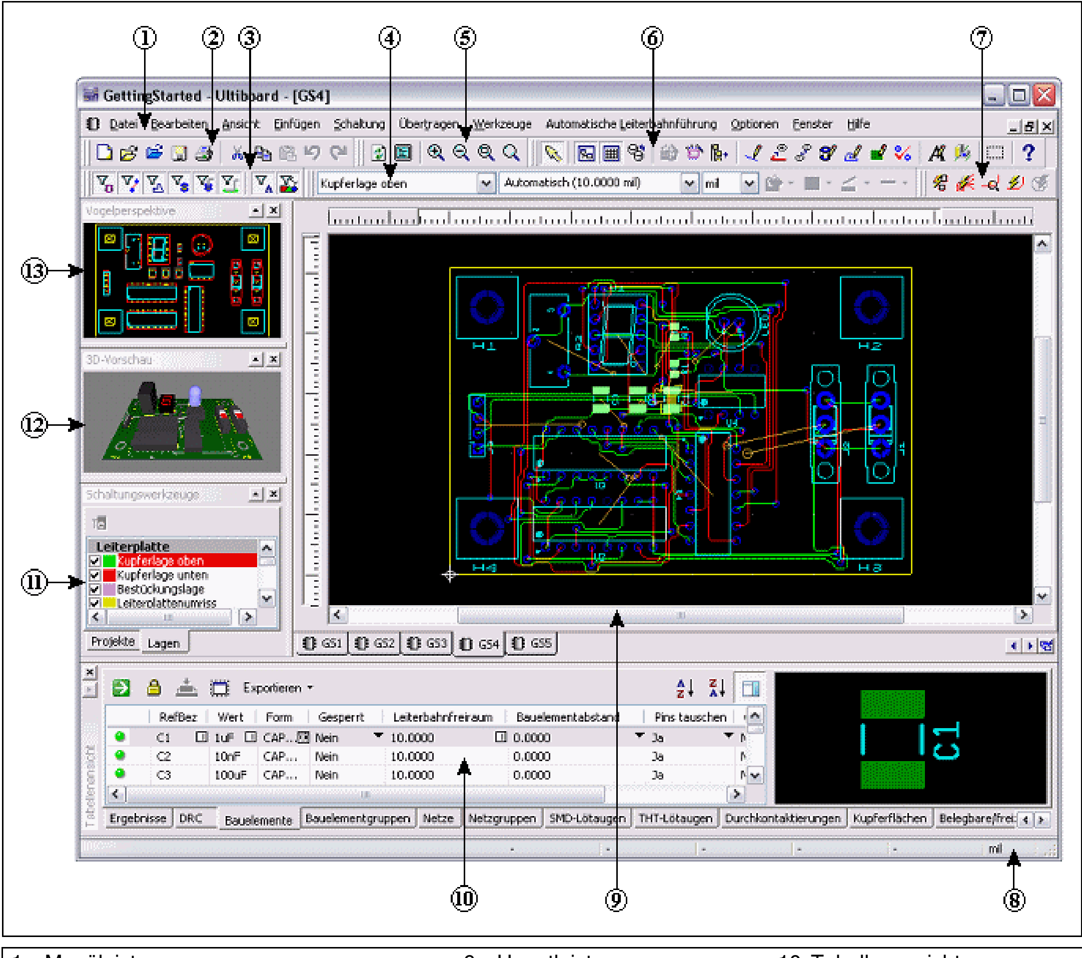
In Ihrer Ultiboard-Edition sind möglicherweise nicht alle der in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen vorhanden. Der Funktionsumfang Ihrer Edition ist in den *Versionshinweisen zur NI Circuit Design Suite* beschrieben.

Ultiboard-Benutzeroberfläche

Ultiboard ist das Programm der NI Circuit Design Suite, mit dem das Layout von Leiterplatten entwickelt wird. Die Circuit Design Suite von National Instruments ist ein Softwarepaket zur automatisierten Elektronik-Entwicklung, die Ihnen die wichtigsten Schritte in der Schaltungsentwicklung erleichtert.

Ultiboard erzeugt anhand der Daten von Multisim gedruckte Schaltungen, führt einfache mechanische CAD-Arbeitsschritte durch (z. B. Platzierung der Bauelemente auf den Leiterplatten) und bereitet die Leiterplatten für die Produktion vor. Außerdem bietet das Programm automatisierte Funktionen für Bestückung und Verbindungen.

Die Benutzeroberfläche von Ultiboard ist folgendermaßen aufgebaut:



1 Menüleiste	6 Hauptleiste	10 Tabellenansicht
2 Symbolleiste “Standard”	7 Symbolleiste “Autom. Leiterbahnführung”	11 Schaltungswerkzeuge
3 Symbolleiste “Auswahl”	8 Statusleiste	12 3D-Vorschau
4 Symbolleiste “Zeicheneinstellungen”	9 Arbeitsbereich	13 Vogelperspektive
5 Symbolleiste “Ansicht”		

Die **Menüleiste** enthält die Befehle für sämtliche Funktionen.

Die Symbolleiste **Standard** enthält Schaltflächen für die meistverwendeten Funktionen wie Speichern, Drucken, Ausschneiden oder Einfügen.

Je mehr Bauelemente und Leiterbahnen Sie einer Leiterplatte hinzufügen, desto schwieriger wird es, ein bestimmtes Objekt zu markieren. Die Sym-

bolleiste **Auswahl** enthält Schaltflächen, die das Markieren von Objekten vereinfachen.

Die Symbolleiste **Zeicheneinstellungen** ermöglicht Ihnen die Auswahl der Lage, Dicke und Messgröße gezeichneter Linien oder Objekte. Außerdem bietet sie Schaltflächen für Funktionen, mit denen die Darstellung von Linien und Formen auf einer Lage geändert werden kann.

Die Symbolleiste **Ansicht** enthält Schaltflächen zum Ändern der Bildschirmanzeige.

Die **Hauptleiste** enthält Schaltflächen für allgemeine Leiterplattenfunktionen.

Die Symbolleiste **Automatische Leiterbahnführung** enthält Funktionen zum Autorouting und zur Bauelementplatzierung.

Die **Statusleiste** zeigt wichtige Informationen an.

Der **Arbeitsbereich** enthält Ihre Schaltung.

Mit der **Tabellenansicht** können Sie Angaben zu Bauelementen abfragen und ändern, z. B. Platzbedarf, Referenzbezeichnung, Attribute oder Beschränkungen.

Unter **Schaltungswerkzeuge** können Sie Teile der Schaltung ein- und ausblenden oder abdunkeln.

Mit der **3D-Vorschau** erhalten Sie eine dreidimensionale Vorschau der Leiterplatte.

Mit der **Vogelperspektive** wird die Schaltung zur besseren Übersicht bildschirmfüllend angezeigt.

Öffnen der Einführung

Zum Öffnen der Übungsdatei gehen Sie wie folgt vor:

1. Starten Sie Ultiboard, wählen Sie **Datei»Beispiel öffnen** und klicken Sie doppelt auf den Ordner `Getting Started`, um ihn zu öffnen.
2. Wählen Sie `Getting Started` und klicken Sie auf **Öffnen**. Die Projektdatei wird in Ultiboard geladen.



Tipp Das Importieren von Multisim-Schaltplänen ist in der *Multisim Help* und der *Ultiboard Help* beschrieben.

3. Zum Auswählen eines Schaltplans aus dem Projekt (z. B. `GS1`) klicken Sie entweder auf die dazugehörige Registerkarte oder wählen Sie auf der Registerkarte **Projekte** der **Schaltungswerkzeuge** den Namen des Schaltplans aus.

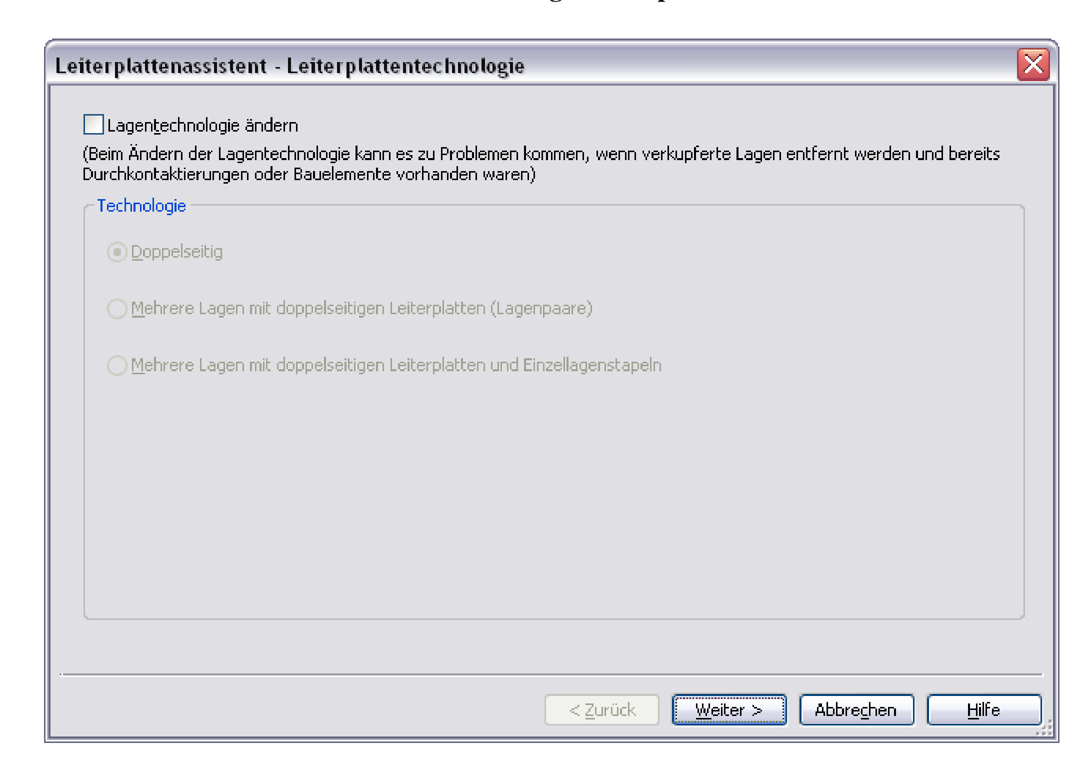
Auswahl des Leiterplattenumrisses

Zwar ist bereits ein Leiterplattenumriss eingestellt, aber wenn dieser für Ihre Bauelemente ungeeignet ist, können Sie einen anderen auswählen, z. B.:

- durch Ziehen eines Leiterplattenumrisses mit Hilfe der Zeichenwerkzeuge
- durch Importieren einer DXF-Datei
- mit Hilfe des **Leiterplattenassistenten**.

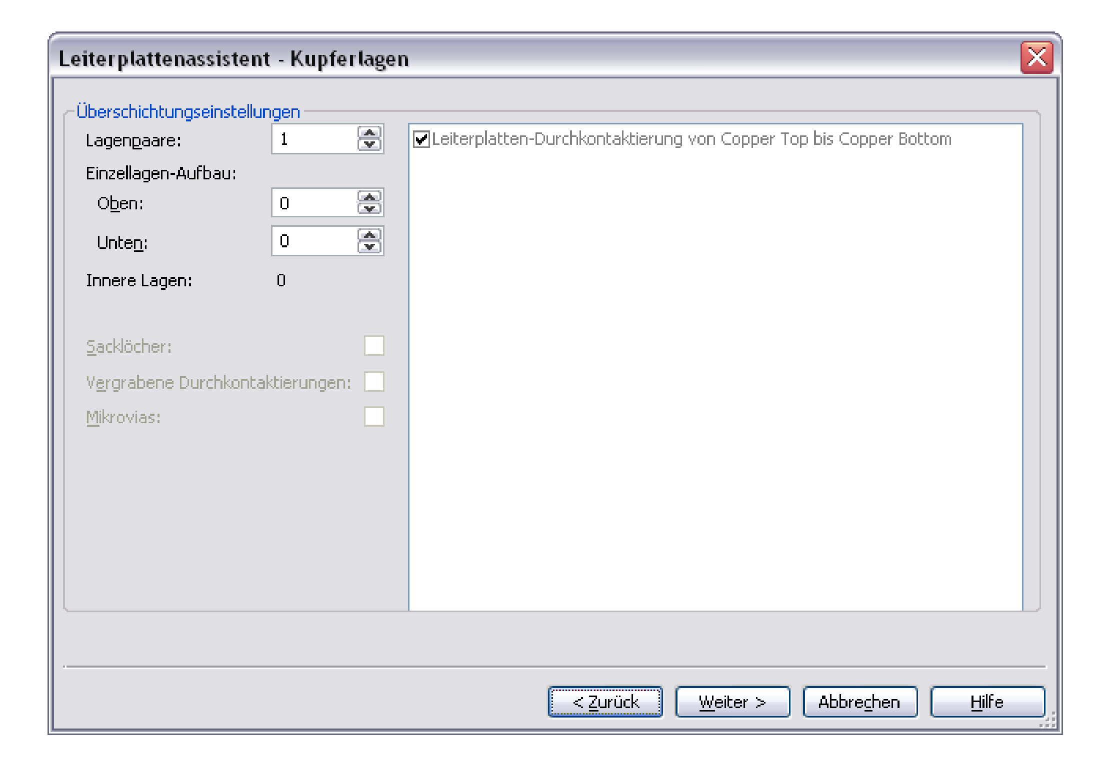
Um mit dem **Leiterplattenassistenten** zu arbeiten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie auf der Registerkarte **Lagen** doppelt auf **Leiterplattenumriss**.
2. Klicken Sie in der Schaltung `GS1` auf die vorhandene Kontur und drücken Sie die Taste <Entf>.
3. Wählen Sie **Werkzeuge»Leiterplattenassistent**.



4. Aktivieren Sie die Option **Lagentechnologie ändern**, um zu den **Technologie**-Optionen zu gelangen.
5. Wählen Sie **Mehrere Lagen mit doppelseitigen Leiterplatten und Einzellagenstapeln** aus und klicken Sie auf **Weiter**.

   Im nachfolgenden Dialogfeld können Sie **Überschichtungseinstellungen** für die Leiterplatte vornehmen. Bei dieser Übung wird jedoch keine Einstellung geändert.



6. Klicken Sie auf **Weiter**.

   Im Dialogfeld **Leiterplattenassistent - Leiterplattenform**:

   - muss **Einheit** auf **mil** eingestellt sein.
   - muss der **Bezugspunkt** zur **Ausrichtung** auf **Unten links** gesetzt sein.
   - muss für **Form und Größe der Leiterplatte** die Option **Rechteckig** ausgewählt sein.
   - muss die **Breite** auf `3000` und die **Höhe** auf `2000` eingestellt werden (diese Größe ist für die Bauelemente in diesem Schaltplan besser geeignet).

- muss der **Freiraum** `5,00000` lauten. Dieser Wert gibt die Breite des freizuhaltenden Leiterplattenrands an.

7. Klicken Sie anschließend auf **Beenden**. Der Leiterplattenumriss wird Ihrer Schaltung hinzugefügt.



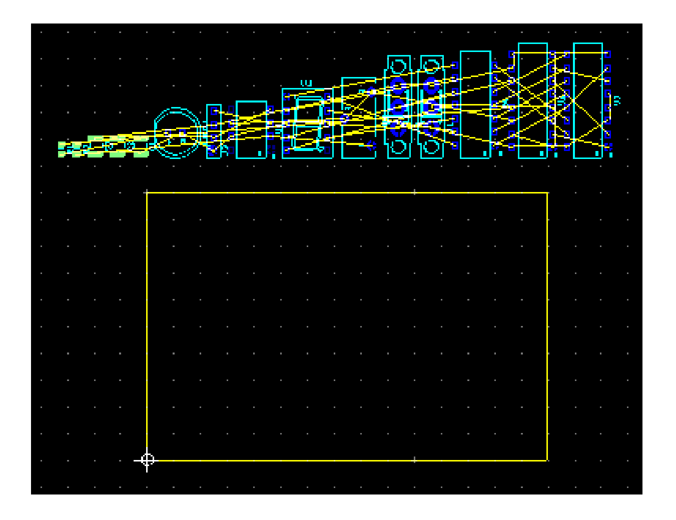
Hinweis Weitere Einzelheiten zum **Leiterplattenassistenten** erhalten Sie in der *Ultiboard Help*.

Um den Leiterplattenumriss zu verschieben, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Klicken Sie auf der Registerkarte **Lagen** doppelt auf **Leiterplattenumriss**.
2. Klicken Sie dann an einer beliebigen Stelle auf den Leiterplatten-umriss und ziehen Sie die Leiterplatte direkt unter die Bauelemente.

Zum Ändern des Bezugspunkts gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Schaltung»Bezugspunkt festlegen**. Damit wird der Bezugspunkt dem Cursor unterlegt.
2. Führen Sie den Cursor in die linke untere Ecke des Leiterplatten-umrisses und führen Sie zum Einfügen des Bezugspunkts einen Maus-klick aus.



Platzieren von Bauelementen

Zum Einfügen der Bauelemente in die Leiterplatte `GS1` gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Wählen Sie Bauelemente aus dem Bereich außerhalb des Leiterplattenumrisses aus und ziehen Sie sie an die gewünschte Stelle.
- Suchen Sie die Bauelemente auf der Registerkarte **Bauelemente** in der **Tabellenansicht** und fügen Sie sie von dort aus ein.
- Wählen Sie Bauelemente aus der Datenbank aus und platzieren Sie die Bauelemente.



Tipp Mit **Einfügen»Platzierung von Bauelementen aufheben** können Sie alle nicht fixierten Bauelemente von der Leiterplatte entfernen und sie noch einmal auf eine andere Weise einfügen.

Verschieben von Bauelementen in den belegbaren Leiterplattenbereich

Beim Öffnen einer Netzliste aus Multisim oder aus einem anderen Programm zum Erstellen von Schaltplänen werden die Bauelemente normalerweise außerhalb des Leiterplattenumrisses angeordnet.

Klicken Sie vor dem Beginn der Arbeit unter **Schaltungswerkzeuge** doppelt auf **Kupferlage oben**. Dadurch wird diese Lage als aktive Lage ausgewählt.

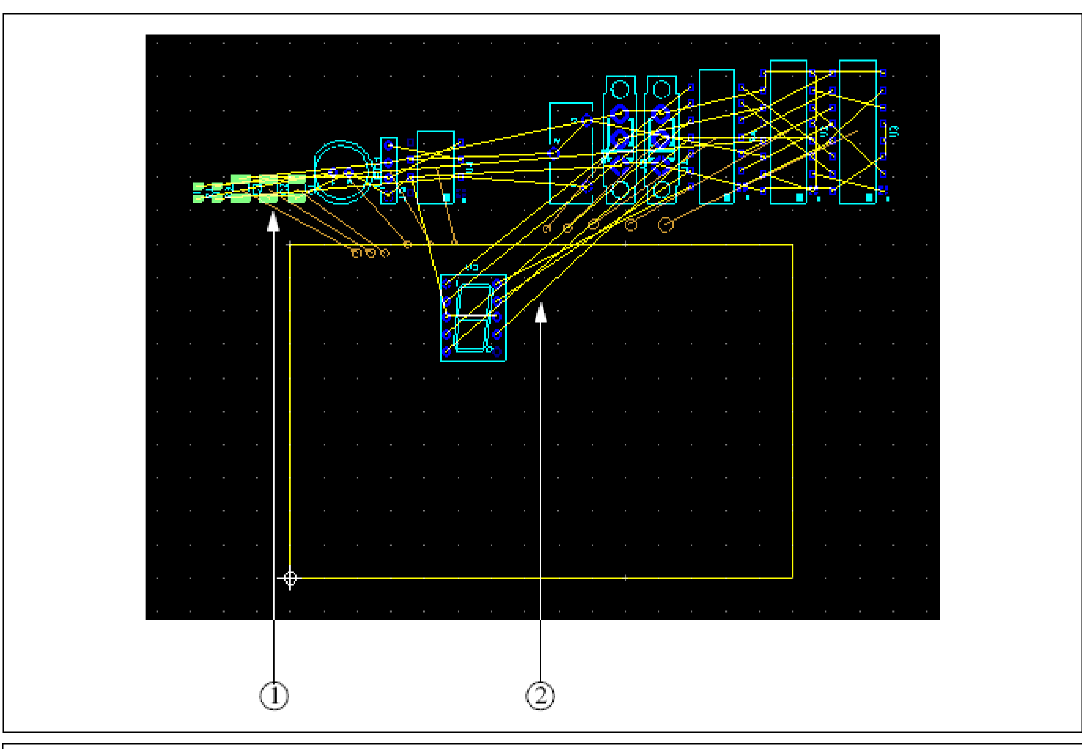
Um U1 in das Innere des Leiterplattenumrisses zu ziehen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Suchen Sie in den Bauelementen außerhalb des Leiterplattenumrisses nach U1. Zoomen Sie die Leiterplatte dazu mit Hilfe des Mausrads heran, bis Sie U1 erkennen können.



Tipp Mit Hilfe der Funktion **Bearbeiten»Suchen** können Sie nach einem Bauelement suchen. Diese Funktion arbeitet im Großen und Ganzen wie die Suchfunktion anderer Anwendungen. Zusätzlich können Sie ein Bauelement jedoch auch nach Namen, Nummer, Form, Wert oder nach all diesen Parametern ausfindig machen. Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

2. Klicken Sie auf U1 (7-Segment-Anzeige) und ziehen Sie sie an die in der folgenden Abbildung gezeigte Position.



1 Kraftvektor (orange Linie)	2 Luftlinie (gelbe Linie)

U1 bleibt so lange ausgewählt, bis Sie die Markierung aufheben. In Ultiboard müssen Sie jeden Vorgang beenden, bevor Sie fortfahren können. In diesem Fall wird die Auswahl des Bauelements durch einen Klick an eine andere Stelle aufgehoben. Auch durch einen Klick mit der rechten Maustaste kann der aktuelle Vorgang beendet werden.

3. Klicken Sie auf die Registerkarte **Bauelemente** in der **Tabellenansicht** und scrollen Sie zu U1. Sie werden feststellen, dass die grüne LED neben dem Bauelement etwas heller leuchtet – dadurch wird angezeigt, dass das Bauelement bereits auf der Leiterplatte platziert wurde.

Ziehen von Bauelementen aus der Registerkarte "Bauelemente" in die Schaltung

Um Bauelemente aus der Registerkarte **Bauelemente** an eine andere Stelle zu ziehen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Scrollen Sie auf der Registerkarte **Bauelemente** zu J3.

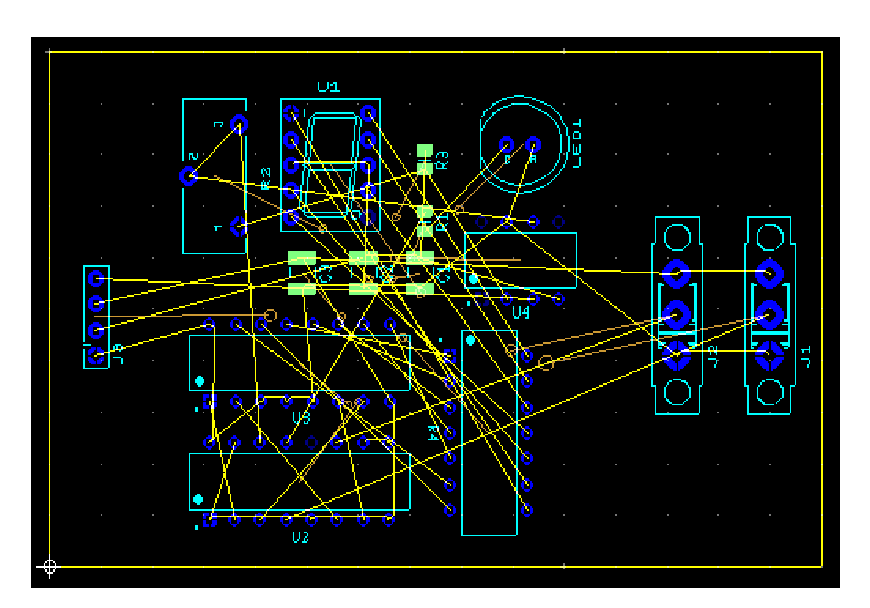


2. Klicken Sie auf J3 und ziehen Sie das Element von der Registerkarte **Bauelemente** in den Arbeitsbereich. J3 ist nun dem Mauszeiger unterlegt.
3. Legen Sie J3 links am Rand etwa mittig auf der Leiterplatte ab. Wie bereits zuvor beobachtet, leuchtet nun auch die grüne LED von J3 auf der Registerkarte **Bauelemente** etwas heller und zeigt damit an, dass das Bauelement auf der Leiterplatte platziert wurde.

Einfügen der Bauelemente dieser Einführung

Die Leiterplatte sollte am Schluss der Übung so bestückt sein wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Die genaue Vorgehensweise bleibt Ihnen überlassen. Sie können aber auch die Datei `GS2` in Ihrem Projekt öffnen, die bereits entsprechend vorbereitet wurde.

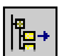
Ihre Schaltung sollte wie folgt aussehen:



Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank

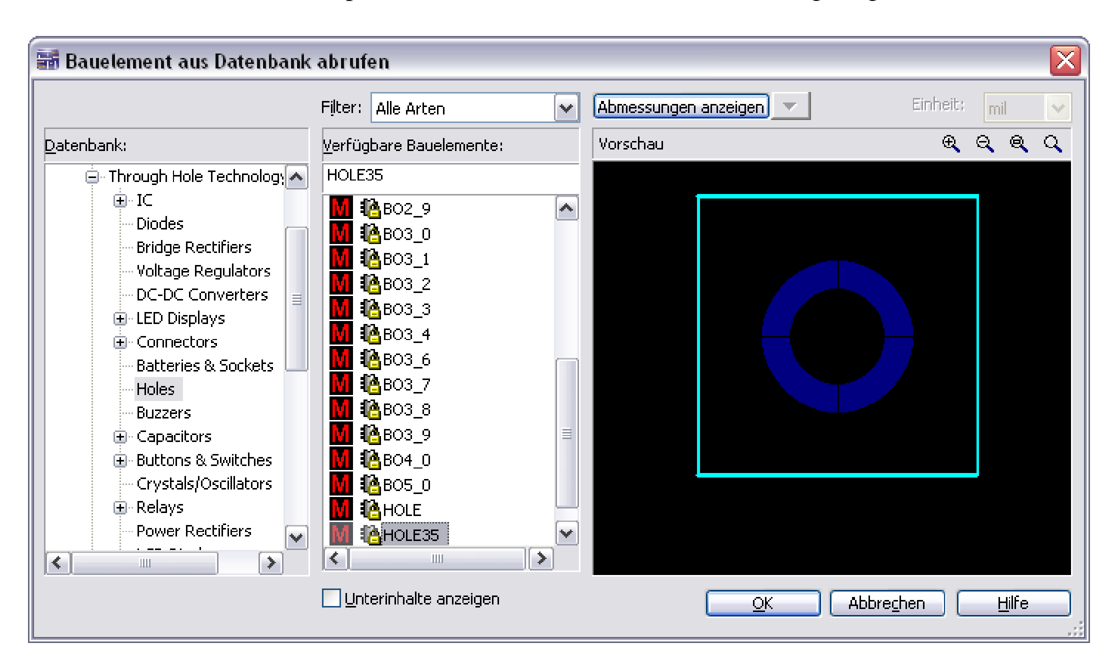
Statt Bauelemente und andere Komponenten aus einer Datei zu importieren, können Sie sie auch direkt aus der Datenbank in die Leiterplatte einfügen. Im Folgenden wird auf diese Weise eine Montagebohrung vorgenommen.

Zum Einfügen von Bauelementen aus der Datenbank gehen Sie wie folgt vor:



1. Wählen Sie **Einfügen»Aus Datenbank**. Daraufhin öffnet sich das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen**.
2. Erweitern Sie unter **Datenbank** die Kategorie **Ultiboard-Hauptdatenbank»Through Hole Technology Parts** und wählen Sie die Kategorie **Holes**. Unter **Verfügbare Bauelemente** werden daraufhin unterschiedliche Bohrlöcher angezeigt.

3. Klicken Sie unter **Verfügbare Bauelemente** auf **HOLE35**. Die Komponente wird daraufhin in der **Vorschau** angezeigt.



4. Klicken Sie auf **OK**. Das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen** wird ausgeblendet und Sie werden dazu aufgefordert, einen Referenzbezeichner (**RefBez**) und einen **Wert** einzugeben.

5. Geben Sie als Referenzbezeichner des Bohrlochs “H1” und als Wert “HOLE” ein und klicken Sie auf **OK**.

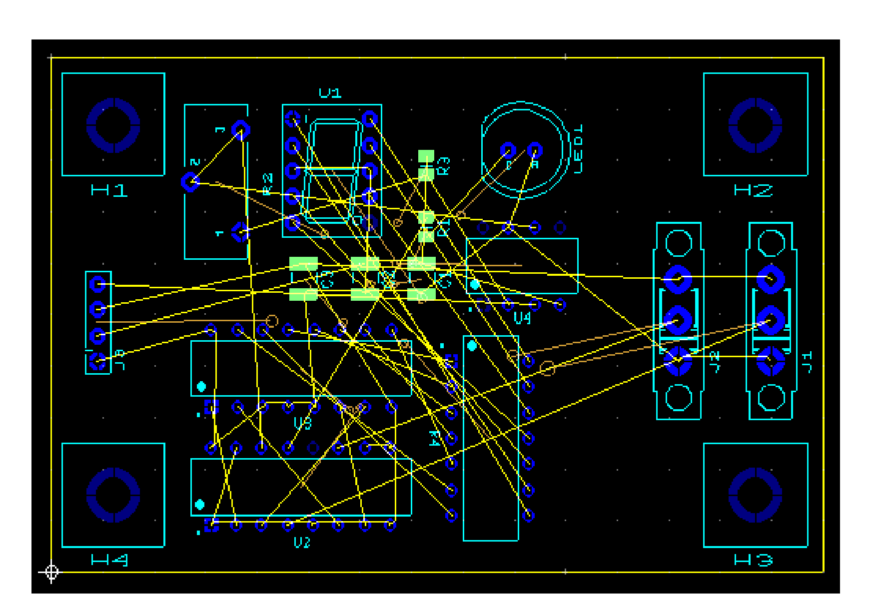
6. Bewegen Sie den Mauszeiger über die Leiterplatte. Die Komponente ist nun dem Mauszeiger unterlegt.

7. Sobald sich das Loch im Bereich der oberen linken Ecke befindet, legen Sie es durch einen Mausklick auf der Leiterplatte ab.

8. Es erscheint erneut das Dialogfeld **Referenzbezeichnung für Bauelement eingeben**. Der Referenzbezeichner wird automatisch auf H2 erhöht.

9. Geben Sie den Wert “HOLE” ein und klicken Sie auf **OK**, um die nächste Bohrung in der rechten oberen Ecke zu platzieren und fahren Sie so mit H3 in der rechten unteren Ecke und H4 in der linken unteren Ecke fort.

10. Klicken Sie zum Beenden des Vorgangs auf **Abbrechen** und schließen Sie das Dialogfeld **Bauelement aus Datenbank abrufen**, indem Sie nochmals auf **Abbrechen** klicken.



Verschieben von Bauelementen

Die verschiedenen Vorgehensweisen zum Einfügen von Bauelementen gelten ebenso für das Verschieben. Um ein Bauelement auszuwählen, das sich bereits auf der Leiterplatte befindet, müssen Sie nur darauf klicken. Zum Festlegen der Koordinaten, an die das Bauelement verschoben werden soll, drücken Sie auf dem Ziffernblock der Tastatur die <*>-Taste. Stattdessen können Sie auch auf der Registerkarte **Bauelemente** ein platziertes Bauelement auswählen (durch eine hell leuchtende grüne LED gekennzeichnet) und es an eine andere Stelle ziehen.



Tipp Beschriftung und Lötaugen von Bauelementen gehören nicht zum Footprint. Beim Markieren eines Bauelements auf der Leiterplatte müssen Sie daher aufpassen, dass Sie das gesamte Bauelement markieren und nicht nur die Beschriftung und die Lötaugen. Um diesen Vorgang zu erleichtern, können Sie die **Auswahlfilter** zu Hilfe nehmen. Weitere Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.



Tipp Zum Verschieben eines Bauelements markieren Sie es und drücken Sie die Pfeiltasten auf der Tastatur.

Sie können aber auch mehrere Bauelemente markieren und gemeinsam verschieben. Dazu gibt es folgende Möglichkeiten:

- Drücken Sie die <Shift>-Taste und klicken Sie mehrere Bauelemente an.
- Ziehen Sie um mehrere Bauelemente einen Rahmen auf.

Alle markierten Bauelemente werden beim Bewegen des Cursors gemeinsam verschoben.



Tipp Die Gruppen gelten jedoch nur vorübergehend – sobald Sie ein anderes Bauelement auswählen, geht die Gruppierung verloren. Um eine Gruppe von Bauelementen dauerhaft (bis zum Entfernen) zusammenzuhalten, ist der **Gruppeneditor** zu verwenden. Weitere Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

Durch **Bearbeiten»Ausrichten** können markierte Bauelemente so verschoben werden, dass ihre Ränder in einer Linie sind oder die Bauelemente einen bestimmten Abstand voneinander haben.

So platzieren Sie das eingefügte Bohrloch durch **Bearbeiten»Ausrichten** an die richtige Stelle:

1. Wählen Sie **H1** und halten Sie für **H2** die <Shift>-Taste gedrückt.
2. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Oben ausrichten**. Wenn H2 nicht in Linie mit H2 eingefügt wurde, wird es nun entsprechend verschoben.
3. Klicken Sie auf einen freien Bereich auf der Leiterplatte und markieren Sie **H2** und **H3**.
4. Wählen Sie **Bearbeiten»Ausrichten»Rechtsbündig**.
5. Fahren Sie auf diese Weise mit dem Ausrichten der Unterkanten von H3 und H4 sowie der linken Kanten von H1 und H4 fort.

Verlegen von Leiterbahnen

Zum Verlegen von Leiterbahnen stehen Ihnen die folgenden Optionen zur Verfügung:

- manuell eingefügte Leiterbahn
- Follow-me-Leiterbahn
- vollautomatische Leiterbahnverlegung

Eine manuell eingefügte Leiterbahn wird genau so verlegt, wie Sie es vorgeben, auch wenn sie durch ein Hindernis verläuft. Eine Follow-me-Leiterbahn stellt selbständig zulässige Verbindungen zwischen den mit der Maus ausgewählten Pins her. Sie können die Maus also von Pin zu Pin bewegen und so eine Leiterbahn anlegen. Beim vollautomatischen Einfügen von Leiterbahnen werden zwei Pins auf dem kürzestmöglichen Weg miteinander verbunden, wobei der Verlauf der Leiterbahn nachträglich von Hand geändert werden kann.

Bevor Sie mit der Maus klicken, um eine Leiterbahn an einer bestimmten Stelle zu fixieren, können Sie jederzeit ein Stück der Leiterbahn entfernen, indem Sie den Cursor zurückbewegen. Ein neues Segment wird immer dann erzeugt, wenn Sie durch Mausklicks eine Leiterbahn manuell verlegen oder wenn eine (halb-)automatisch verlegte Leiterbahn die Richtung ändert. Dieser Umstand ist bei Änderungen an Leiterbahnen zu berücksichtigen.

Manuelles Verlegen von Leiterbahnen

Sie können entweder mit der bisher verwendeten Datei fortfahren oder `GS3` öffnen. Vergewissern Sie sich, dass Sie sich auf der **Kupferlage oben** befinden, bevor Sie beginnen. **Kupferlage oben** sollte auf der Registerkarte **Lagen** der **Schaltungswerkzeuge** rot hervorgehoben sein.



Tipp Drücken Sie bei Bedarf zum Einblenden des gesamten Plans die Taste <F7>.

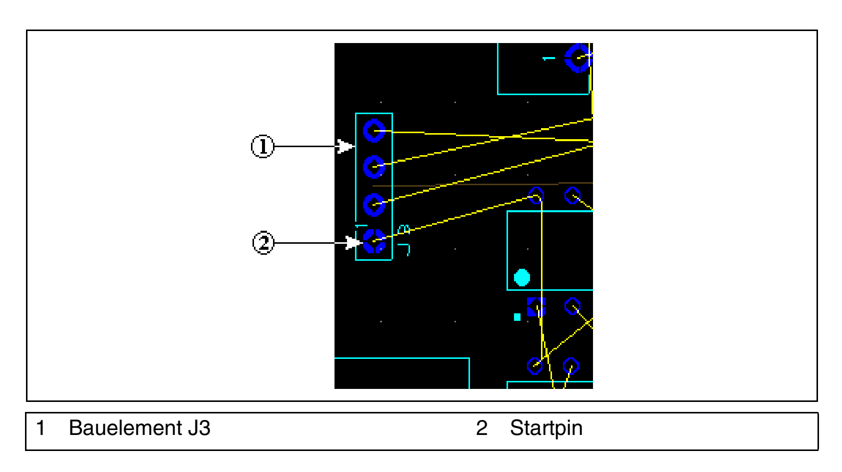
Zum manuellen Verlegen einer Leiterbahn gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Einfügen»Linie**.



Tipp Mit dem Menüpunkt **Linie** wird auf einer beliebigen Lage eine Linie erzeugt. Die Art der Linie ist je nach ausgewählter Lage unterschiedlich. Wenn die ausgewählte Lage zum Beispiel die Siebdrucklage ist, wird damit auf der Siebdrucklage eine Linie erzeugt. Bei einer Kupferlage wird mit dieser Option eine leitende Verbindung hergestellt.

2. Suchen Sie links auf der Leiterplatte nach J3. Finden Sie heraus, wo sich der unten gezeigte Startpin befindet:



1	Bauelement J3	2	Startpin

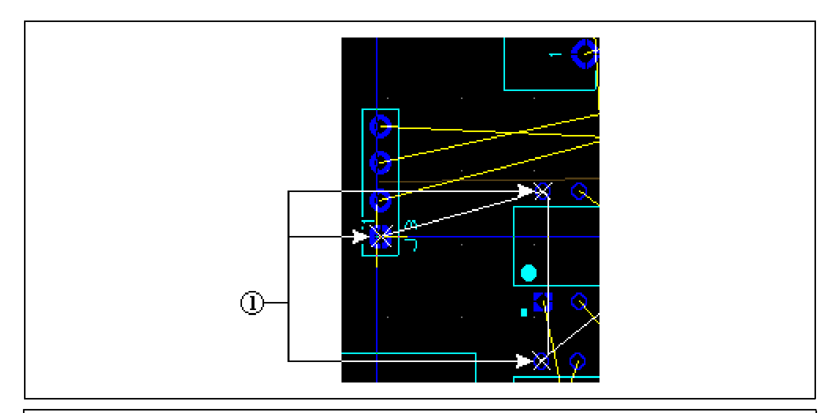


Tipp Die **Kraftvektoren** können ausgeblendet werden, so dass die Netze deutlicher sichtbar sind. Deaktivieren Sie dazu die Option **Kraftvektoren** auf der Registerkarte **Lagen** der **Schaltungswerkzeuge**. Weitere Informationen zu **Kraftvektoren** finden Sie in der *Ultiboard Help*.



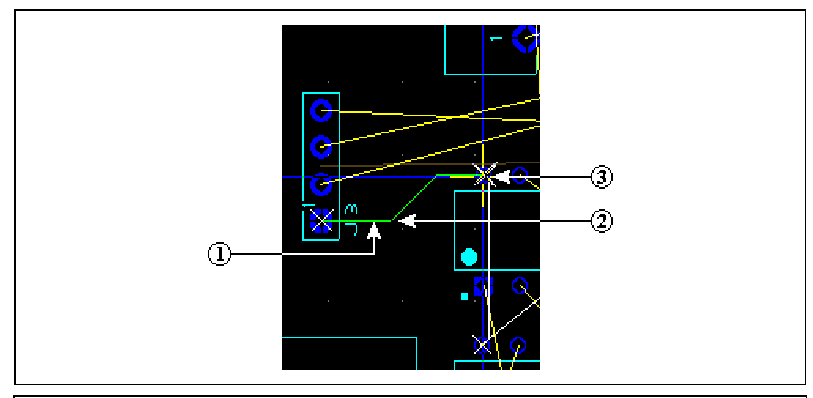
Tipp Bei Schwierigkeiten mit dem Auffinden des Bauelements nutzen Sie die Suchfunktion auf der Registerkarte **Bauelemente**. Wählen Sie das Bauelement auf der Registerkarte **Bauelemente** aus und klicken Sie dann die Schaltfläche **Bauelement suchen und auswählen** an. Das Bauelement wird im Arbeitsbereich angezeigt. Bei Bedarf können Sie mit Hilfe des Mausrads näher heranzoomen.

3. Klicken Sie auf den Pin, der im Schritt oben festgelegt wurde. Ultiboard hebt daraufhin alle Pins hervor, die zum selben Netz gehören. Die Hervorhebungsfarbe kann auf der Registerkarte **Farben** des Dialogfelds **Einstellungen** geändert werden. So wissen Sie, welche Pins Ihrem Schaltplan entsprechend zu verbinden sind.



1	Pins desselben Netzes

4. Bewegen Sie den Cursor in eine beliebige Richtung. Eine grüne Linie (die Leiterbahn) wird nun an den ausgewählten Pin angefügt. Mit jedem Klick fixieren Sie ein Leiterbahnensegment, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.



1	Leiterbahn	3	Endpunkt
2	Zum Fixieren der Leiterbahn klicken		

5. Klicken Sie auf den Pin, an dem die Verbindung enden soll.
6. Mit einem Rechtsklick und Auswahl von **Abbrechen** wird das Verlegen von Leiterbahnen beendet.



7. Um den Modus zum Verlegen von Leiterbahnen zu beenden, klicken Sie in der **Hauptsymbolleiste** auf die Schaltfläche **Auswählen.**

Verlegen von Follow-me-Leiterbahnen

Zum Verlegen einer Follow-me-Leiterbahn gehen Sie wie folgt vor:



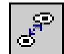
1. Wählen Sie **Einfügen»Follow-me**.
2. Klicken Sie auf den oberen Pin von J3.
3. Klicken Sie auf der linken Seite von U4 auf den zweiten Pin von unten.
4. Ultiboard stellt automatisch eine Verbindung zwischen den Pins her.



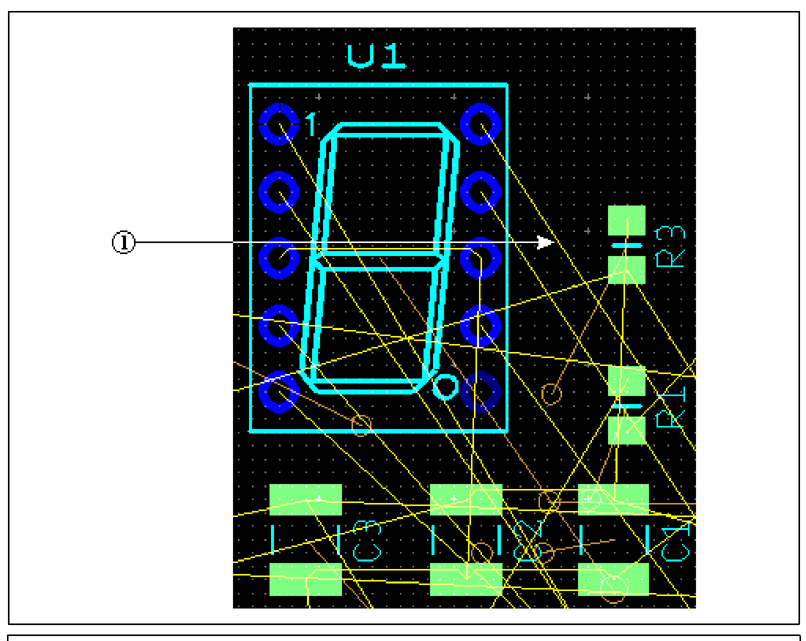
Tipp Anstelle der Pins können Sie auch die Luftlinienverbindung zwischen den Bauelementen anklicken.

Vollautomatisches Verlegen von Leiterbahnen

Zum vollautomatischen Verlegen von Leiterbahnen gehen Sie wie folgt vor:



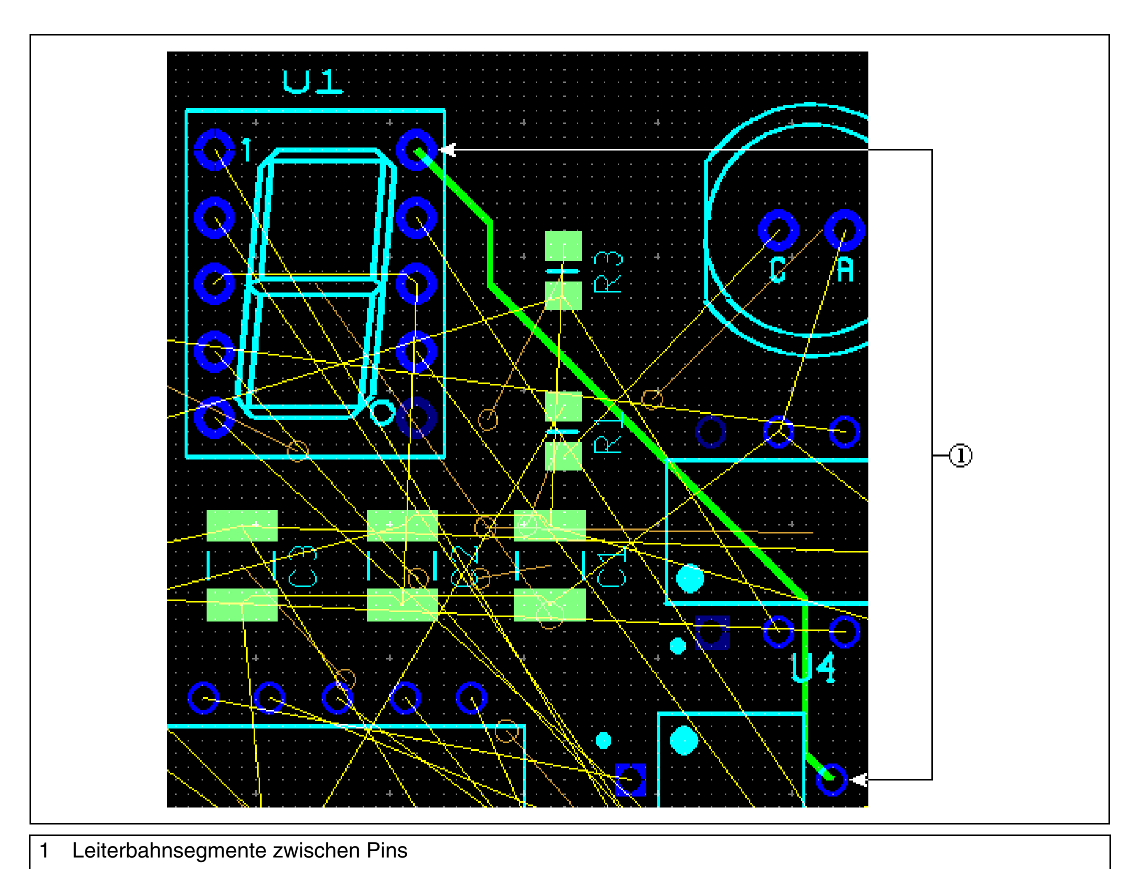
1. Wählen Sie **Einfügen»Vollautomatisch**.
2. Klicken Sie auf die unten dargestellte Luftlinie.



1 Luftlinie anklicken

3. Beim Bewegen Ihres Cursors schlägt Ultiboard automatisch verschiedene Leiterbahnverläufe um Hindernisse herum vor.

4. Wenn Sie sich für eine Leiterbahnführung entschieden haben, fixieren Sie die Leiterbahn durch einen Klick. Sie müssen dazu nicht auf die Luftlinie oder den Pin klicken, an dem die Verbindung enden soll.



1 Leiterbahnsegmente zwischen Pins

5. Mit einem Rechtsklick beenden Sie die Leiterbahnplatzierung.

Automatische Bestückung

Neben den bisher beschriebenen Möglichkeiten zum Bestücken von Leiterplatten bietet Ultiboard eine vollautomatische Bauelement-Platzierungsfunktion für fortgeschrittene Benutzer.



Tipp Vor dem automatischen Bestücken der Leiterplatte müssen Sie alle Bauelemente, die vom automatischen Einfügen nicht betroffen sein sollen, per Hand einfügen und an der gewünschten Stelle fixieren. (Die Montagebohrungen und U1, J1, J2, J3, und LED 1 in `GS5` wurden beispielsweise bereits fixiert). Weitere Informationen zum Fixieren von Bauelementen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

Zum automatischen Einfügen der Bauelemente in der Datei `GettingStarted` gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie die Schaltung `GS5` in Ultiboard.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Automatisch bestücken**. Die Leiterplatte wird nun mit den Bauelementen bestückt.

Automatische Leiterbahnführung

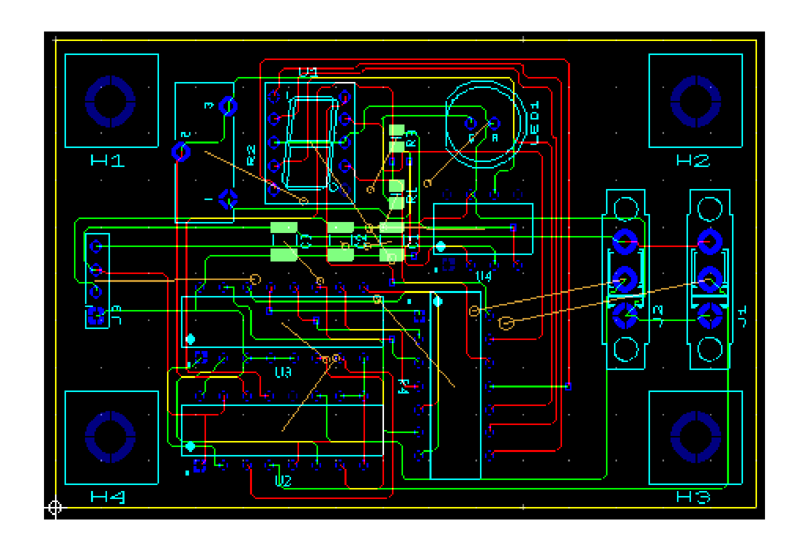
Leiterbahnen können in Ultiboard entweder nach den bisher beschriebenen Verfahren oder automatisch verlegt werden. Die automatische Leiterbahnführung wird nachfolgend erklärt.

Zum automatischen Verbinden der Leiterbahnen in `Getting Started` gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie in Ultiboard die Schaltung `GS3`.
2. Wählen Sie **Automatische Leiterbahnführung»Automatische Leiterbahnführung starten/fortsetzen**. Der Arbeitsbereich wechselt in den **Modus der automatischen Leiterbahnführung**.

   Daraufhin können Sie sehen, wie die Leiterbahnen auf der Leiterplatte verlegt werden. Nach Abschluss des Vorgangs wechselt Ultiboard zurück zum Arbeitsbereich.

3. Bei Bedarf können Sie den Verlauf der Leiterbahnen optimieren, indem Sie **Automatische Leiterbahnführung»Leiterbahnführung optimieren** auswählen.



Sie können die automatische Leiterbahnführung jederzeit anhalten und manuelle Änderungen vornehmen. Bei erneutem Start der automatischen Leiterbahnführung fährt die Funktion an der letzten Stelle fort. Alle manuell verlegten Leiterbahnen müssen fixiert werden, damit sie nicht durch die Automatik verschoben werden.



Tipp Die Einstellungen zum automatischen Bestücken mit Bauelementen und zur automatischen Leiterbahnführung befinden sich in den **Leiterbahnführungsoptionen**. Weitere Informationen dazu finden Sie in der *Ultiboard Help*.

Vorbereitung für die Leiterplattenfertigung

Ultiboard bietet eine Vielzahl verschiedener Ausgabeformate für die Produktion und Fertigung der Leiterplatte. In diesem Abschnitt erfahren Sie mehr über das Fertigen der Leiterplatte und das Dokumentieren des gefertigten Produkts.

Aufräumen der Leiterplatte (Clean-Up)

Bevor Sie die Leiterplatte in die Fertigung schicken, sollten Sie alle offenen Leiterbahnenden und nicht genutzten Lötaugen von der Leiterplatte beseitigen.

Das Löschen offener Leiterbahnenden soll nun anhand der Schaltung `GS4` geübt werden. Öffnen Sie die Datei und wählen Sie **Bearbeiten»Kupferflächen löschen»Offene Leiterbahnenden**. Dadurch werden alle offenen Leiterbahnen aus der Schaltung gelöscht.

Zum Löschen ungenutzter Durchkontaktierungen vergewissern Sie sich zunächst, dass die Schaltung geöffnet ist, und wählen Sie dann **Schaltung»Ungenutzte Durchkontaktierungen löschen**. Daraufhin werden alle Durchkontaktierungen ohne dazugehörige Leiterbahnen oder Kupferflächen gelöscht.

Hinzufügen von Kommentaren

Mit Hilfe von Kommentaren können Sie Änderungsaufträge oder Hintergrundinformationen an die Ingenieursabteilung übermitteln.

Sie können Kommentare in die Schaltung einfügen oder direkt an ein Bauelement anheften. Wenn Sie das betreffende Bauelement verschieben, so verschiebt sich der Kommentar ebenfalls.

Weitere Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

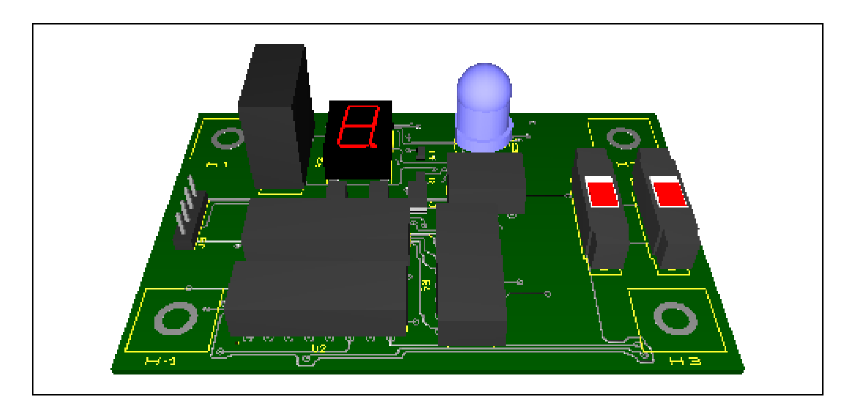
Exportieren von Dateien

Eine Exportdatei enthält umfassende Angaben zur Fertigung einer Leiterplatte. Zu den exportierbaren Dateien gehören Gerber-RS-274X- und RS-274D-Dateien.

Alle weiteren Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

3D-Ansicht von Schaltungen

In Ultiboard kann jederzeit eine dreidimensionale Voransicht der Leiterplatte eingeblendet werden. Alle weiteren Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.





Tipp Die **Innenansicht** ermöglicht Ihnen einen Blick zwischen die Lagen einer mehrlagigen Leiterplatte. Weitere Informationen finden Sie in der *Ultiboard Help*.

4 Einführung in Multisim MCU

In diesem Kapitel werden die Simulation einer Schaltung mit Mikrocontroller und die Fehlersuche in einer solchen Schaltung beschrieben.

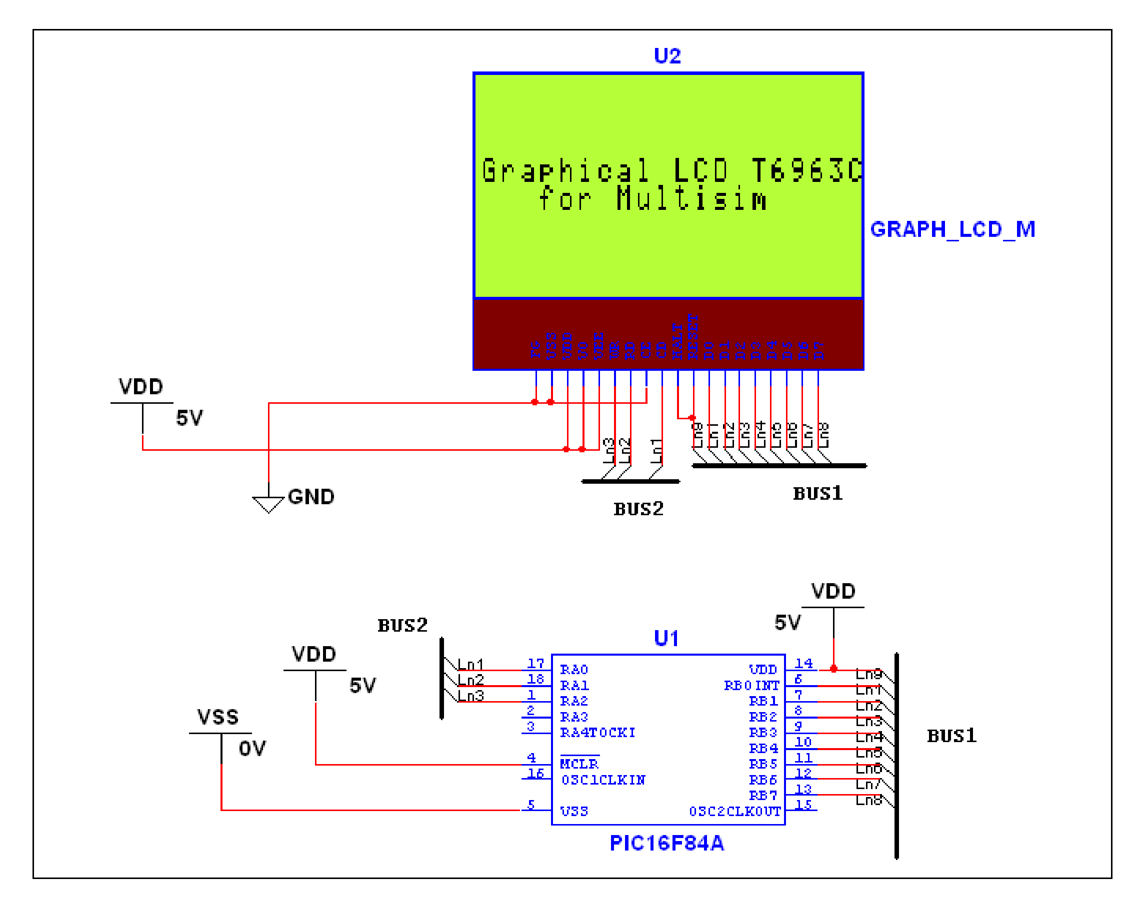
Einige der hier genannten Funktionen sind möglicherweise nicht in Ihrer Version der Circuit Design Suite verfügbar. Der Funktionsumfang Ihrer Edition ist in den *Versionshinweisen zur NI Circuit Design Suite* beschrieben.

Überblick

Die für diese Einführung verwendeten Dateien werden zusammen mit der NI Circuit Design Suite Software unter `…\National Instruments\Circuit Design Suite 12.0\samples\Getting Started` installiert.

Für diese Anleitung nutzen Sie die Datei `Getting Started MCU`, die auf den Inhalt des Ordners `LCDWorkspace` zugreift.

Im Multisim-Schaltungsbeispiel für ein Grafik-LCD wird der Einsatz eines PIC-Mikrocontrollers zur Steuerung der Anzeige anhand eines Toshiba-T6963C-Controllers und einem externen RAM-Speichers demonstriert. Zur Steuerung des LCDs übermittelt der Mikrocontroller Signale über die Daten- und Steuerleitungen des Geräts. Ein für den Mikrocontroller entwickeltes Softwareprogramm bestimmt die Pin-Logikpegel (High oder Low), mit deren Hilfe Befehle und Daten an das LCD übermittelt werden.



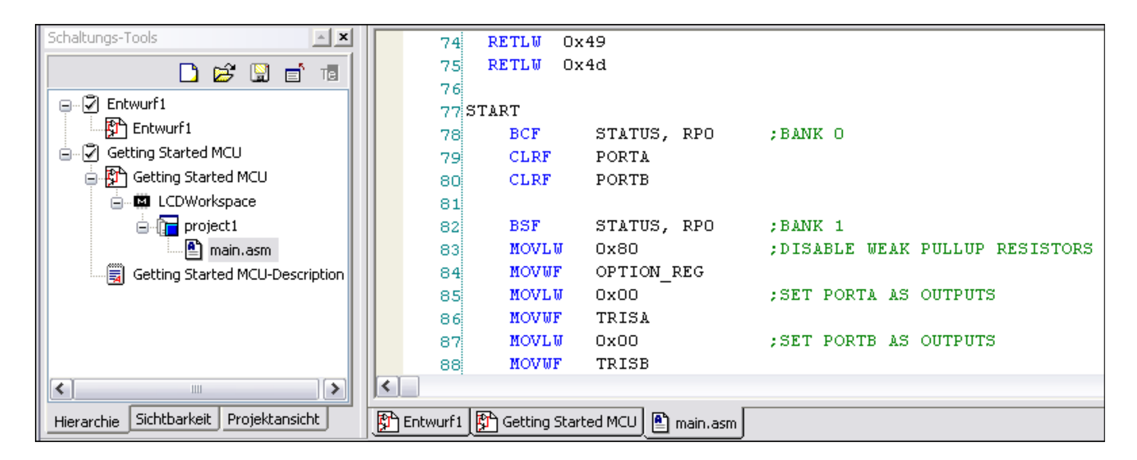
Über diese Anleitung

Die Datenleitungen des LCDs U2 sind mit den Pins RB0 bis RB7 des Mikrocontrollers U1 verbunden. Die Steuerleitungen des LCDs sind mit RA0 bis RA2 des Mikrocontrollers verbunden. Die MCU U1 kommuniziert mit dem LCD U2 über diese Verbindungen. Die Daten werden parallel an U2 übermittelt, wobei die Signale auf den Steuerleitungen das Timing und den Typ der gesendeten Daten (Adresse oder Daten) bestimmen.

Das grafische LCD kann im Textmodus, Grafikmodus oder einem kombinierten Modus für Text und Grafik betrieben werden. Im Beispiel wird das LCD im kombinierten Modus genutzt. Die Software zur Ausführung der MCU befindet sich in einem MCU-Arbeitsbereich, der unter **Schaltungswerkzeuge** als `LCDWorkspace` angezeigt wird. Der Arbeitsbereich enthält ein Projekt namens `project1`, das nur aus der Quellcodedatei `main.asm` besteht.

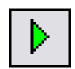
Zum Öffnen der Datei gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie unter **Schaltungswerkzeuge** doppelt auf `main.asm`. Im Arbeitsbereich erscheint daraufhin eine Registerkarte mit dem Namen `main.asm`, auf der das Assembler-Programm angezeigt wird.



Zum Einblenden der Zeilennummern wählen Sie **MCU»Zeilennummern**.

Zum Ausführen der Schaltung gehen Sie wie folgt vor:

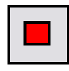


1. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Wenn Sie noch keine Programmdatei erzeugt haben, wird ein Dialogfeld mit dem Hinweis angezeigt, dass die Konfiguration nicht mehr aktuell ist. Sie werden daher zum Erstellen einer Programmdatei aufgefordert. Klicken Sie auf **Ja**. Die Ergebnisse des Build-Prozesses werden in der **Tabellenansicht** auf der Registerkarte **Ergebnisse** angezeigt.

   Gehen Sie zur Schaltung zurück. Das Programm zeigt die Zeile **`Graphical LCD T6963C for Multisim`** im Textmodus an; das LCD schaltet dann in den Grafikmodus um und stellt Punkt für Punkt über dem Text ein umgedrehtes “V” dar.

   Nach der Anzeige der Linien scrollt der Text nach rechts und links. Dazu wird einfach die Startadresse des Textpuffers innerhalb des LCDs verschoben. Das LCD enthält zwei Pufferspeicher, und zwar einen zum Speichern von Grafiken und einen zum Speichern von Texten. Weitere LCD-Funktionen, wie das Blinken des Textes oder das Löschen von Zeichen, werden ebenfalls demonstriert.

   Das Programm zur LCD-Steuerung stellt jeden dieser Effekte nacheinander dar.



Um die Simulation anzuhalten, wählen Sie **Simulieren»Stopp**.

Funktionsweise des Assembler-Programms

Konstanten und Daten

Wechseln Sie zur Datei `main.asm`.

Um das Programm verständlicher zu gestalten, werden zu Beginn die Befehle zur LCD-Steuerung und die temporären Puffer für Adressen und Daten in der MCU als Konstanten definiert.

```
DATA_BUFFER         EQU           0x20
DATA_BUFFER2        EQU           0x21
CMD_BUFFER          EQU           0x22
REF_BUFFER          EQU           0x24

ADDR_INDEX          EQU           0x25                    ;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L              EQU           0x26                    ;STARTING ADDRESS L
ADDR_H              EQU           0x27                    ;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX       EQU           0x29                    ;COUNTER
BIT_INDEX           EQU           0x2A                    ;BIT INDEX

CMD_SET_CURSOR EQU  21H           ;SET CURSOR
CMD_TXHOME          EQU    40H    ;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA          EQU    41H    ;SET TXT AREA
CMD_GRHOME          EQU    42H    ;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA          EQU    43H    ;SET GR AREA
CMD_OFFSET          EQU    22H    ;SET OFFSET ADD
CMD_ADPSET          EQU    24H    ;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC     EQU    0C0H   ;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON           EQU    0B0H   ;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF          EQU    0B2H   ;RESET AUTO WRITE MODE
```

Der anzuzeigende Text wird bei einigen Mikrocontrollern in Form einer Tabelle gespeichert. Es gibt aber keinen Assembler-Befehl, um direkt auf einen Datenwert im Speicherbereich des Programms zuzugreifen. Stattdessen besteht die Möglichkeit, Werte uncodiert in das W-Register zu laden. So können Sie eine Routine schreiben, die je nach Kennzahl einen anderen String ausgibt. Die `RETLW`-Anweisung lädt einen konstanten Wert in das W-Register und führt einen `RETURN` durch (beides in einem Befehl).

Die `TXPRT`-Routine fragt den auf dem LCD darzustellenden Text ab. Die Zeichencodes für das LCD sind im Handbuch zum T6963C-Controller aufgelistet (z. B. `0x27` steht für “G” und `0x52` für “r”).

```
;  DATA
DATA_NUM              EQU    23H
TXPRT                 ; Text data "Grapical LCD T6963C   for Multisim"
  ADDWF  PCL, 1
  RETLW  0x27
  RETLW  0x52
  RETLW  0x41
  RETLW  0x50
  RETLW  0x48
  RETLW  0x49
  RETLW  0x43
  RETLW  0x41
  RETLW  0x4c
  RETLW  0x00
  RETLW  0x2C
  …
```

Initialisierung

Der Initialisierungscode beginnt bei `START`, wie im folgenden Programmabschnitt dargestellt. Die Pins des Mikrocontrollers werden als Ausgangskontakte konfiguriert und die Werte zurückgesetzt. Das LCD wird durch den Mikrocontroller initialisiert und auf kombinierten Grafik- und Textmodus gesetzt. Die Rücksprungadresse wird für den Grafikpuffer auf `0x0000` und den Textpuffer auf `0x2941` eingestellt. Dadurch wird festgelegt, an welcher Stelle im LCD die Anzeige die Daten beginnen soll. Schließlich werden die Steuersignale noch für den geeigneten Schreib-/Lesezugriff auf das LCD eingestellt.

```
START
       BCF     STATUS, RPO          ;BANK 0
       CLRF    PORTA
       CLRF    PORTB

       BSF     STATUS, RPO          ;BANK 1
       MOVLW   0x80                 ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
       MOVWF   OPTION_REG
       MOVLW   0x00                 ;SET PORTA AS OUTPUTS
       MOVWF   TRISA
       MOVLW   0x00                 ;SET PORTB AS OUTPUTS
       MOVWF   TRISB

       BCF     STATUS, RPO          ;BANK 0
       MOVLW   0x0F                 ; 1111 no commands ready
       MOVWF    PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
       MOVLW   0x9C
       MOVWF   CMD_BUFFER
       CALL    CMD
…
```

Darstellen von Text und Grafiken

Der Rest des Programmcodes dient dazu, Befehle über die Steuerleitungen und die Mikrocontroller-Pins (RA0 bis RA2) an das LCD zu übermitteln und die Daten über die Datenleitungen zu senden.

```
;5 write string
        MOVLW   0x7D
        MOVWF   DATA_BUFFER
        MOVLW   0x29
        MOVWF   DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
        CALL    DT2
        MOVLW   CMD_ADPSET
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   CMD_AWRON
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   0x00                    ; Initial the counter
        MOVWF   ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
        MOVF    ADDR_INDEX,0    ; STARTING data ADDRESS
        CALL     TXPRT

        MOVWF   DATA_BUFFER             ; LOAD CHAR data TO W
        CALL    ADT

        INCF    ADDR_INDEX,1

        MOVF    ADDR_INDEX, 0
        SUBLW   DATA_NUM                ; 35 chars
        BTFSS   STATUS, Z
        GOTO    LOOP_READ_DATA2

        MOVLW   CMD_AWROFF
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD
…
```

Zum Beispiel werden mit dem oben dargestellten Programmabschnitt die mit der `TXPRT`-Subroutine angegebenen Zeichen aus der Hauptschleife an das im Textmodus befindliche LCD übertragen.

Mit den folgenden Befehlen wird das LCD in den Auto-Schreibmodus umgeschaltet:

```
MOVLW    CMD_AWRON
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

An diesem Punkt beginnt das Programm zu zählen, und es führt die Schleife LOOP_READ_DATA2 35 Mal aus. Die Schleife ruft mittels TXPRT den Text ab und lädt ihn in das W-Register. Dann ruft sie die Subroutine ADT auf, welche wiederum SEND_DATA aufruft. Dadurch werden die Werte im W-Register an den Anschluss B gesendet, so dass sie an die LCD-Datenleitungen übermittelt werden können. Der Anschluss A des Mikrocontrollers überträgt nach dem Senden der Daten an die Steuerkontakte des LCDs einen Wert, mit dem die Bereitschaft zum Lesen der Daten signalisiert werden soll. Nach Ausführung jeder Subroutine kehrt das Programm wieder an das Ende des letzten Befehls zurück, der vor dem Aufruf der Subroutine ausgeführt wurde. Das passiert so lange, bis alle 35 Zeichen übermittelt wurden. Mit den letzten drei Anweisungen wird nach Verlassen der Schleife der Auto-Schreibmodus des LCDs ausgeschaltet:

```
MOVLW    CMD_AWROFF
MOVWF    CMD_BUFFER
CALL     CMD
```

Mit den folgenden Anweisungen wird die horizontale und die schräge Linie im Grafikmodus gezeichnet:

```
;6 draw wave once
MOVF     ADDR_L, 0
BTFSC    STATUS, Z
CALL     DRAW_WAVE
```

MCU-Fehlersuchfunktionen

Dieser Abschnitt enthält eine Schritt-für-Schritt-Beschreibung der Multisim-Fehlersuchfunktion für MCUs. Es ist wichtig, dass die Schritte genau in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Sobald Sie mit der Haltepunktfunktion und dem Einzelschrittverfahren vertraut sind, können Sie sich mit den komplexeren Fehlersuchfunktionen befassen.

Übersicht zur Fehlersuche

Um ein Programm für einen Mikrocontroller entweder in C oder Assembler zu schreiben, erstellen Sie zunächst Quellcodedateien, also eine *.asm-, *.inc-, *.c- und *.h-Datei, als Teil des MCU-Arbeitsbereichs. Diese Dateien können dann in der Quellcodeansicht bearbeitet werden.

Um zur Quellcodeansicht zu gelangen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Führen Sie in den **Schaltungswerkzeugen** in der Hierarchie der MCU-Arbeitsbereiche einen Doppelklick auf die Datei aus (z. B. `main.asm`).

Die während der Simulation angezeigten zusätzlichen Fehlersuchinformationen sollen Ihnen einen Einblick in die Vorgänge innerhalb der MCU verschaffen. Sie können beispielsweise zwischen dem High-Level-Quellcode und den Assembler-Anweisungen umschalten, die außerdem den tatsächlichen Opcode für jede ausgeführte Anweisung enthalten.

In der Quellcodeansicht können diese Zusatzinformationen nicht angezeigt werden. Stattdessen hat jedes MCU-Bauelement im Schaltplan eine eigene **Debug-Ansicht**, in der Angaben zu Fehlern angezeigt werden.

Um zur **Debug-Ansicht** zu gelangen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Erstellen**.

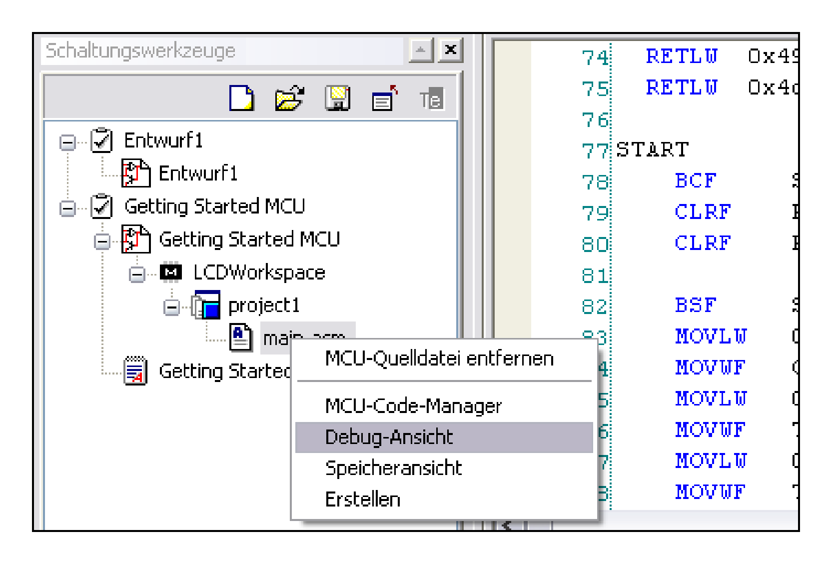


Hinweis Die **Debug-Ansicht** ist nur dann verfügbar, wenn Sie Ihren Code erfolgreich erstellt haben, so dass der vorherige Schritt nur einmal notwendig ist.

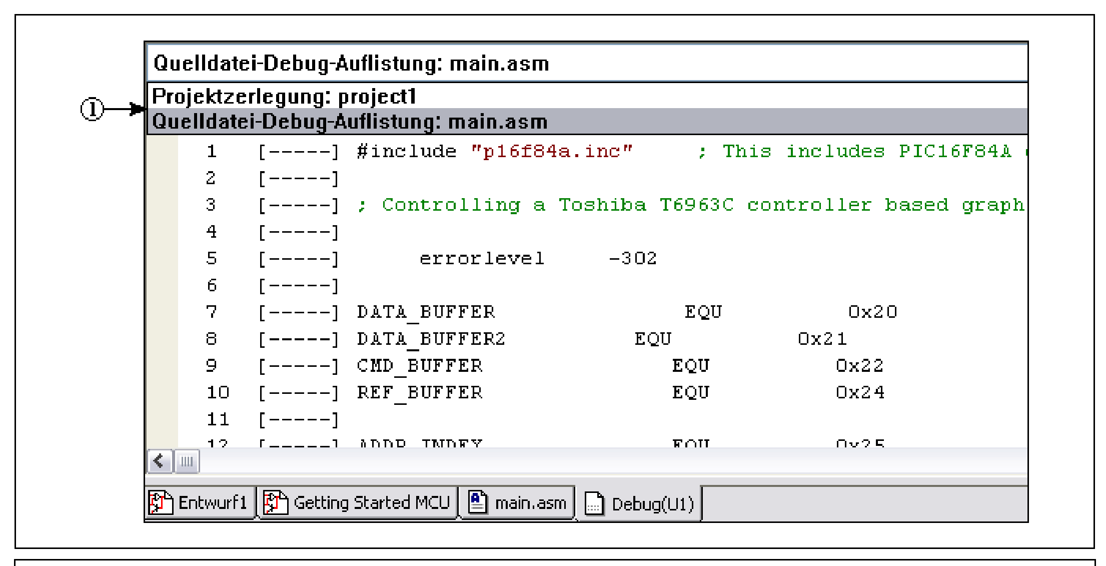
2. Wählen Sie **MCU»MCU PIC 16F84A U1»Debug-Ansicht**.

   ODER

   Klicken Sie im MCU-Arbeitsbereich der **Schaltungswerkzeuge** einen Eintrag mit der rechten Maustaste an und wählen Sie den entsprechenden Menüpunkt aus.



Im Arbeitsbereich öffnet sich daraufhin eine weitere Registerkarte mit dem Namen **Debug(<MCU-Referenzbezeichner>)**, in diesem Fall **Debug(U1)**.



1 Dropdown-Liste

Wählen Sie im oberen Teil der **Debug-Ansicht** zwischen den in Multisim erzeugten Disassembler-Anweisungen und der im Assembler/Compiler erzeugten Auflistungsdatei aus (das Format der Auflistungsdatei richtet sich nach dem Tool, mit dem Sie die Programmdatei erzeugt haben).

Im Beispiel des grafischen LCDs wurde der Programmcode in Assembler geschrieben und mit Hilfe der Mikrochip-Assembler-Tools in eine Programmdatei umgewandelt. Der Mikrochip-Assembler erzeugt eine Auflistungsdatei (`*.lst`) mit den Opcodes zu jeder Assembler-Anweisung. In der Fehlerlistenansicht werden Informationen aus dieser Auflistungsdatei angezeigt. Multisim wandelt die Opcode-Anweisungen mit Hilfe eines internen Disassemblers in Assembler-Anweisungen um.

Für dieses Beispiel ist das Disassembler-Format jedoch nicht notwendig, da die Fehlerliste bereits alle erforderlichen Angaben enthält. In den Fällen, in denen ein MCU-Projekt nur die `*.hex`-Datei mit dem Maschinencode lädt, werden in der Disassembler-Ansicht die aufgeschlüsselten Opcode-Anweisungen angezeigt. Auf diese Weise wird erkennbar, was innerhalb der MCU vor sich geht. Die Disassembler-Ansicht ist sehr nützlich, da für MCU-Projekte dieses Typs keine Auflistungsdatei verfügbar ist.

Einfügen von Haltepunkten

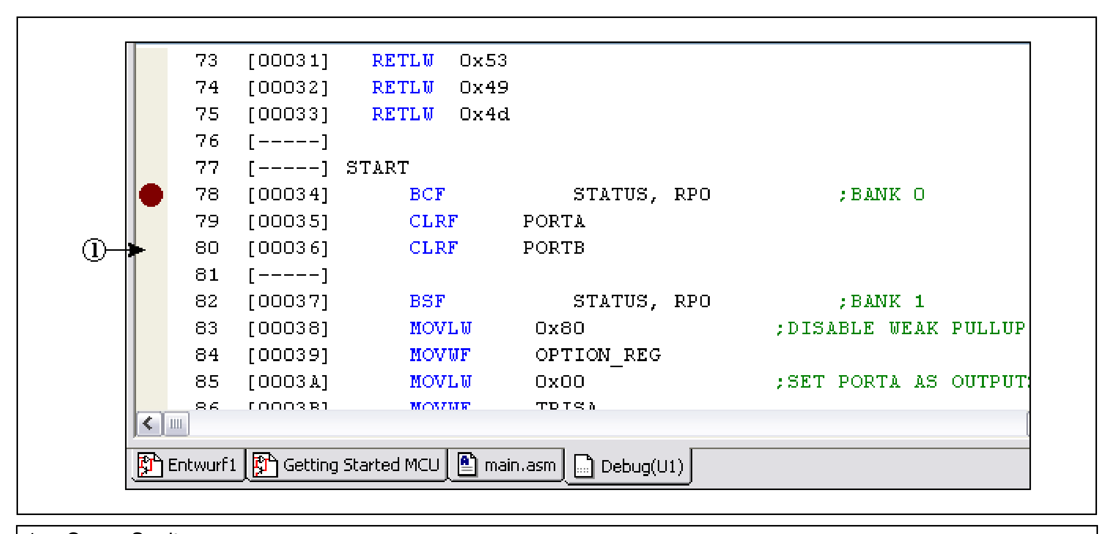
Sie können der Quellcodeansicht sowohl bei angehaltener als auch bei laufender Simulation Haltepunkte hinzufügen. Haltepunkte können einem Mikrocontrollerprojekt auf zwei Arten erzeugt werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Haltepunkte zur Quellcodeansicht hinzuzufügen. Im vorliegenden Beispiel ist die Registerkarte `main.asm` die einzig verfügbare Quellcodeansicht.



Hinweis Wenn sich Ihr MCU-Entwurf aus mehreren Dateien zusammensetzt, ist für jede Ihrer Quellcodedateien eine Quellcodeansicht verfügbar.

Sie können aber auch einen Haltepunkt in der **Debug-Ansicht** angeben. Sie können Haltepunkte in der Disassembler-Ansicht oder der Fehlerlistenansicht einfügen. In diesem Beispiel benötigen Sie jedoch lediglich die Fehlerliste.

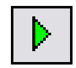


1 Graue Spalte

Um einen Haltepunkt in der Quellcodeansicht hinzuzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie **Debug-Ansicht** für U1.
2. Klicken Sie unter **Schaltungswerkzeuge** doppelt auf `main.asm`.
3. Scrollen Sie bis zur Zeile unterhalb der `START`-Beschriftung: `BCF STATUS, RP0`.

4. Klicken Sie im Fenster `main.asm` die erste (graue) Spalte links neben `BCF STATUS, RP0` doppelt an. Ein roter Punkt an dieser Stelle signalisiert, dass an dieser Zeile ein Haltepunkt gesetzt wurde.

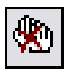


5. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird nun automatisch an der Stelle unterbrochen, an der Sie den Haltepunkt gesetzt haben. Die **Debug-Ansicht** öffnet sich automatisch und ein gelber Pfeil zeigt auf die Stelle, an der die Programmausführung unterbrochen wurde.

Zum Entfernen des Haltepunkts gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einen Haltepunkt in der **Debug-Ansicht** oder der Quellcodeansicht `main.asm` doppelt an.

   ODER



   Wählen Sie **MCU»Alle Haltepunkte entfernen**, um alle Haltepunkte zu entfernen.

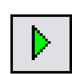


Hinweis Haltepunkte in der **Debug-Ansicht** werden genauso hinzugefügt und entfernt wie in der Quellcodeansicht.

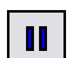
Unterbrechen und in/aus Funktionen hinein-/herausspringen



1. Wählen Sie **MCU»Alle Haltepunkte entfernen**, um alle Haltepunkte zu entfernen.



2. Wechseln Sie zur Schaltplanansicht (die Registerkarte **Getting Started MCU**) und wählen Sie **Simulieren»Start**. Auf dem LCD wird nun der Text **`Graphical LCD T6963C for Multisim`** angezeigt.



3. Wählen Sie **Simulieren»Pause.**
4. Rufen Sie die **Debug-Ansicht** zu U1 auf. Wie Sie sehen, ist die Programmzeile in der Fehlerliste an der Stelle, wo die Ausführung angehalten hat, links durch einen gelben Pfeil gekennzeichnet.

MCU-Speicheransicht :: U1 :: Ge

⊟ Register

Name	Hexadezimal	Bit-
Arbeitsregister	00	0

Name	Adresse	Hexadezimal
INDF	00	00
TMR0	01	19

⊞ IRAM

⊞ EEPROM

⊟ IROM

PC: 0193

ROM	00	01	02	0:
0000	2834	0000	0000	00
0008	0000	0000	0000	00

Quelldatei-Debug-Auflistung: main.asm

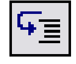
```
606 [0018F]       RETURN
607 [-----]
608 [-----]
609 [-----] SEND_DATA
610 [00190]       CALL     SET_PORT_B_OUTPUT
611 [00191]       MOVF     DATA_BUFFER, 0      ;output
612 [00192]       MOVWF   PORTB
613 [00193]       MOVLW     0x0A                ; 1010
614 [00194]       MOVWF   PORTA
615 [00195]       BSF          PORTA, 2
616 [00196]       RETURN
617 [-----]
618 [-----] SEND_CMD
619 [00197]       CALL     SET_PORT_B_OUTPUT
620 [00198]       MOVF     CMD_BUFFER, 0      ;output
621 [00199]       MOVWF   PORTB
622 [0019A]       MOVLW     0x0B                ; 1011
623 [0019B]       MOVWF   PORTA
624 [0019C]       BSF          PORTA, 2
625 [0019D]       RETURN
626 [-----]
627 [-----]
628 [-----]
629 [-----]       END
```

5. Wählen Sie **MCU»MCU PIC16F84A U1»Speicheransicht**, um den aktuellen Status des Speichers im Mikrocontroller U1 anzuzeigen. Beachten Sie, dass der Wert des Programmzählers `PC` des **IROM**-Abschnitts um eins höher liegt als der Adresswert der Zeile, auf die der gelbe Pfeil zeigt. (Im Beispiel in der Abbildung oben hat die Adresse in der **Debug-Ansicht** den Wert 192 und der PC-Wert in der **Speicheransicht** lautet 193).

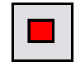


Hinweis Wenn der aktuelle Befehl bei Unterbrechung der Simulation noch nicht vollständig ausgeführt wurde, bleibt der Wert des Programmzählers der gleiche wie der Adresswert.

Die anderen Abschnitte der **Speicheransicht** enthalten Werte in anderen Teilen des Mikrocontroller-Speichers.



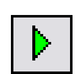
6. Klicken Sie in der Symbolleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Hineinspringen**.
7. Die aktuelle Anweisung wird ausgeführt und die Simulation bei der nächsten Anweisung unterbrochen.



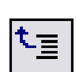
8. Wählen Sie **Simulieren»Stopp**.

Unterbrechen und aus Funktion herausspringen

1. Fügen Sie in die Subroutine `SEND_DATA` unter `MOVWF PORTB` einen Haltepunkt ein.

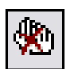


2. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird am Haltepunkt unterbrochen.

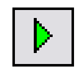


3. Klicken Sie in der Symbolleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Herausspringen**, um die Subroutine `SEND_DATA` zu verlassen.
4. Daraufhin werden alle verbleibenden Anweisungen in der Subroutine `SEND_DATA` ausgeführt und die Simulation wird bei der ersten Anweisung nach `SEND_DATA` unterbrochen.

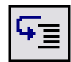
Unterbrechen und in Funktion hineinspringen



1. Wählen Sie **MCU»Alle Haltepunkte entfernen**.
2. Setzen Sie vor den Aufruf von `SEND_DATA` einen Haltepunkt – also dort, wo Sie soeben über dem gelben Pfeil herausgesprungen sind.

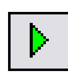


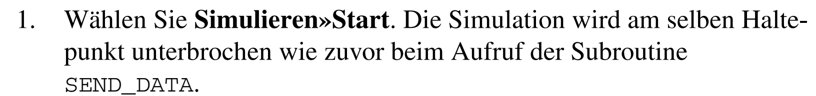
3. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird unterbrochen, wo Sie soeben den Haltepunkt gesetzt haben.



4. Klicken Sie in der Symbolleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Hineinspringen**. Die Simulation wird daraufhin in der Subroutine `SEND_DATA` unterbrochen.

Unterbrechen und Funktionsaufruf überspringen





1. Wählen Sie **Simulieren»Start**. Die Simulation wird am selben Haltepunkt unterbrochen wie zuvor beim Aufruf der Subroutine `SEND_DATA`.

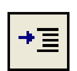


2. Klicken Sie in der Symbolleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Überspringen**. Die Subroutine `SEND_DATA` wird nun vollständig ausgeführt und die Simulation wird an der ersten Anweisung nach `CALL_SEND_DATA` unterbrochen.

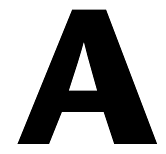
Zum Cursor



1. Wählen Sie **MCU»Alle Haltepunkte entfernen**.
2. Klicken Sie auf eine Zeile in der `SEND_DATA`-Subroutine, denn diese Subroutine wird bekanntermaßen nochmals aufgerufen, um Daten an das LCD zu übermitteln.



3. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Simulation** auf die Schaltfläche **Zum Cursor**. Die Simulation wird bis zur Anweisung ausgeführt, die Sie in der `SEND_DATA`-Subroutine angeklickt haben. Dann folgt eine Ausführungspause und neben die Zeile wird ein gelber Pfeil gesetzt.



Technische Unterstützung und professioneller Service

Auf der Website ni.com/germany finden Sie umfassende Informationen über die folgenden professionellen Serviceleistungen und den technischen Support von National Instruments:

- **Support**—Technische Unterstützung erhalten Sie auf der Website ni.com/support/d in Form folgender Informationsquellen und Tools:
  - **Technische Ressourcen**—Die Website ni.com/support/d bietet Ihnen Soforthilfe bei Fragen und Problemen. Außerdem finden Sie hier Treiber, Updates, eine umfassende Wissensdatenbank (KnowledgeBase), Bedienungsanleitungen, Anleitungen zur Problemlösung, Tausende Beispielprogramme, autodidaktische Kurse und Application Notes. Registrierte Nutzer können sich auch an den Diskussionsforen auf ni.com/forums (englisch) beteiligen. Jede im Forum eingereichte Frage wird garantiert beantwortet.
  - **Standard Service Program**—Teilnehmer dieses Programms können sich telefonisch oder per E-Mail direkt mit unseren Applikationsingenieuren in Verbindung setzen und erhalten exklusiven Zugriff auf eLearning-Schulungseinheiten auf ni.com/eLearning. Beim Erwerb eines Produkts von National Instruments sind Sie automatisch ein Jahr lang zur Teilnahme am Standard Service Program berechtigt. Danach ist die Mitgliedschaft kostenpflichtig.

    Welche Art der technischen Unterstützung es in Ihrer Nähe gibt, erfahren Sie unter ni.com/services/d oder bei einer unserer Niederlassungen (ni.com/contact).
- **Training und Zertifizierung**—Auf ni.com/training/d erhalten Sie Informationen zu Schulungsmaterialien und Zertifizierungsprogrammen von National Instruments. Hier können Sie sich auch für eine der weltweit angebotenen Softwareschulungen anmelden.

- **Systemintegration**—Wenn Sie aus Zeit- oder Personalmangel oder anderen Gründen bei der Fertigstellung eines Projekts in Verzug geraten, können Ihnen die Mitglieder des NI-Alliance-Programms weiterhelfen. Für Informationen zu diesem Programm setzen Sie sich entweder telefonisch mit einer National-Instruments-Niederlassung in Ihrer Nähe in Verbindung oder besuchen Sie die Website `ni.com/alliance`.

Auf die Websites der einzelnen Niederlassungen, auf denen Sie immer die aktuellen Kontaktinformationen, Telefonnummern des technischen Supports, E-Mail-Adressen sowie Informationen über Veranstaltungen finden, gelangen Sie über `ni.com/niglobal`.

Stichwortverzeichnis

Zahlen

A

B

D

E

F

G

H

I

K

L

M

O

P

S

T

U

V

Z

NI Circuit Design Suite

NI Circuit Design Suite スタートアップガイド

2012 年 1 月
374482F



技術サポートのご案内
`www.ni.com/jp/support`

ワールドワイドオフィス
`ni.com/niglobal` から、お問い合わせ先、サポート電話番号、電子メールアドレス、現在実施中のイベントに関する最新情報を提供する各国現地オフィスのウェブページにアクセスできます。

日本ナショナルインスツルメンツ株式会社
〒 105-0012 東京都港区芝大門 1-9-9 野村不動産芝大門ビル 8F/9F Tel: 0120-527196

National Instruments Corporation
11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA Tel: 512 683 0100

サポート情報の詳細については、「技術サポートおよびプロフェッショナルサービス」を参照してください。ナショナルインスツルメンツのドキュメントに関してご意見をお寄せいただく場合は、ナショナルインスツルメンツのウェブサイト、`ni.com/jp/info` にある Info Codes に `feedback` とご入力ください。

必ずお読みください

商標

LabVIEW、National Instruments、NI、ni.com、National Instrumentsのコーポレートロゴ及びイーグルロゴは、National Instruments Corporationの商標です。その他のNational Instrumentsの商標については、`ni.com/trademarks`に掲載されている「Trademark Information」をご覧下さい。

Electronics Workbench, Multisim and Ultiboard are trademarks of National Instruments.

Portions of this product obtained under license from Bartels Systems GmbH.

本文書中に記載されたその他の製品名および企業名は、それぞれの企業の商標または商号です。

National Instruments Alliance Partner Programのメンバーは National Instrumentsより独立している事業体であり、National Instrumentsと何ら代理店、パートナーシップまたはジョイント・ベンチャーの関係にありません。

特許

National Instrumentsの製品/技術を保護する特許については、ソフトウェアで参照できる特許情報(**ヘルプ→特許情報**)、メディアに含まれている`patents.txt`ファイル、または「National Instruments Patent Notice」(`ni.com/patents`)のうち、該当するリソースから参照してください。

Some portions of this product are protected under United States Patent No. 6,560,572.

輸出関連法規の遵守に関する情報

ナショナルインスツルメンツの輸出関連法規遵守に対する方針について、また必要なHTSコード、ECCN、その他のインポート/エクスポートデータを取得する方法については、「輸出関連法規の遵守に関する情報」(`ni.com/legal/export-compliance`)を参照してください。

National Instruments Corporation製品を使用する際の警告

(1) National Instruments Corporation(以下「NI」という)の製品は、外科移植またはそれに関連する使用に適した機器の備わった製品として、または動作不良により人体に深刻な障害を及ぼすおそれのある生命維持装置の重要な機器として設計されておらず、その信頼性があるかどうかの試験も実行されていません。

(2) 上記を含むさまざまな用途において、不適切な要因によってソフトウェア製品の操作の信頼性が損なわれるおそれがあります。これには、電力供給の変動、コンピュータハードウェアの誤作動、コンピュータのオペレーティングシステムソフトウェアの適合性、アプリケーション開発に使用したコンパイラや開発用ソフトウェアの適合性、インストール時の間違い、ソフトウェアとハードウェアの互換性の問題、電子監視・制御機器の誤作動または故障、システム(ハードウェアおよび/またはソフトウェア)の一時的な障害、予期せぬ使用または誤用、ユーザまたはアプリケーション設計者の側のミスなどがありますが、これに限定されません(以下、このような不適切な要因を総称して「システム故障」という)。システム故障が財産または人体に危害を及ぼす可能性(身体の損傷および死亡の危険を含む)のある用途の場合は、システム故障の危険があるため、1つの形式のシステムにのみ依存すべきではありません。損害、損傷または死亡といった事態を避けるため、ユーザまたはアプリケーション設計者は、適正で慎重なシステム故障防止策を取る必要があります。これには、システムのバックアップまたは停止が含まれますが、これに限定されません。各エンドユーザのシステムはカスタマイズされ、NIのテスト用プラットフォームとは異なるため、そしてユーザまたはアプリケーション設計者が、NIの評価したことのない、または予期していない方法で、NI製品を他の製品と組み合わせて使用する可能性があるため、NI製品をシステムまたはアプリケーションに統合する場合は、ユーザまたはアプリケーション設計者が、NI製品の適合性を検証、確認する責任を負うものとします。これには、このようなシステムまたはアプリケーションの適切な設計、プロセス、安全レベルが含まれますが、これに限定されません。

表記規則

このドキュメントでは以下の表記規則を使用します。

→

矢印（→）は、ネスト化されたメニュー項目やダイアログボックスのオプションをたどっていくと目的の操作項目を選択できることを示します。**ツール→ ERC マーカをクリア→設計全体**の場合、**ツール**のプルダウンメニューを表示し、**ERC マーカをクリア**項目を選択して、表示されるダイアログボックスから**設計全体**を選択することを意味します。



このアイコンは、ユーザへのアドバイスを示します。



このアイコンは、注意すべき重要な情報を示します。

このアイコンは、人体への損傷やデータ損失、システムクラッシュなどを回避するために必要な注意事項を示します。

太字

太字のテキストは、メニュー項目やダイアログボックスオプションなど、ソフトウェアでユーザが選択またはクリックする必要がある項目を示します。また、太字のテキストはパラメータ名を示します。

斜体

斜体のテキストは、変数、強調、相互参照、または重要な概念の説明を示します。また、斜体のテキストは、ユーザが入力する必要がある語句または値のプレースホルダも示します。

`monospace`

このフォントのテキストは、キーボードから入力する必要があるテキストや文字、コードの一部、プログラムサンプル、構文例を表します。また、ディスクドライブ、パス、ディレクトリ、プログラム、サブプログラム、サブルーチンなどの名称、デバイス名、関数、演算、変数、ファイル名および拡張子の引用にも使用されます。

`monospace` 太字

このフォントの太字は、コンピュータの画面に自動的に表示されるメッセージや応答を示します。また、他のサンプルとは異なるコードラインを強調する場合にも使用します。

目次

1

NI Circuit Design Suite の概要

記載されている一部の機能は、NI Circuit Design Suite のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンで利用できる機能のリストについては、『NI Circuit Design Suite リリースノート』を参照してください。

NI Circuit Design Suite の製品ライン

National Instruments Circuit Design Suite は、EDA（Electronics Design Automation）ツールのパッケージソフトで、
回路設計フローにおける主なステップを支援します。

Multisim は、回路図の入力、シミュレーション、および PCB レイアウトのようなダウンステージステップへの準備用に設計された回路図キャプチャおよびシミュレーションプログラムです。Multisim には、混合アナログ / デジタルシミュレーション機能、およびマイクロコントローラコシミュレーションも含まれています。

Ultiboard は、プリント回路基板の設計、特定の基本的な機械 CAD 操作、そして製造の準備に使用します。また、Ultiboard を使用して自動部品配置およびレイアウトを行うことができます。

チュートリアル

本書には、以下の段階的なチュートリアルが含まれています。

- 「Multisim チュートリアル」—Multisim およびその多くの機能を紹介します。
- 「Ultiboard チュートリアル」—Multisim チュートリアルの章で説明する設計のコンポーネント、そしてトレースを配置する方法を説明します。また、部品を自動配置し、自動で経路設定する方法について習得します。
- 「Multisim MCU チュートリアル」— マイクロコントローラが含まれる設計のシミュレーションおよびデバッグのプロセスを説明します。

これらの章で説明される機能の詳細については、『Multisim Help』または『Ultiboard Help』を参照してください。

2

Multisim チュートリアル

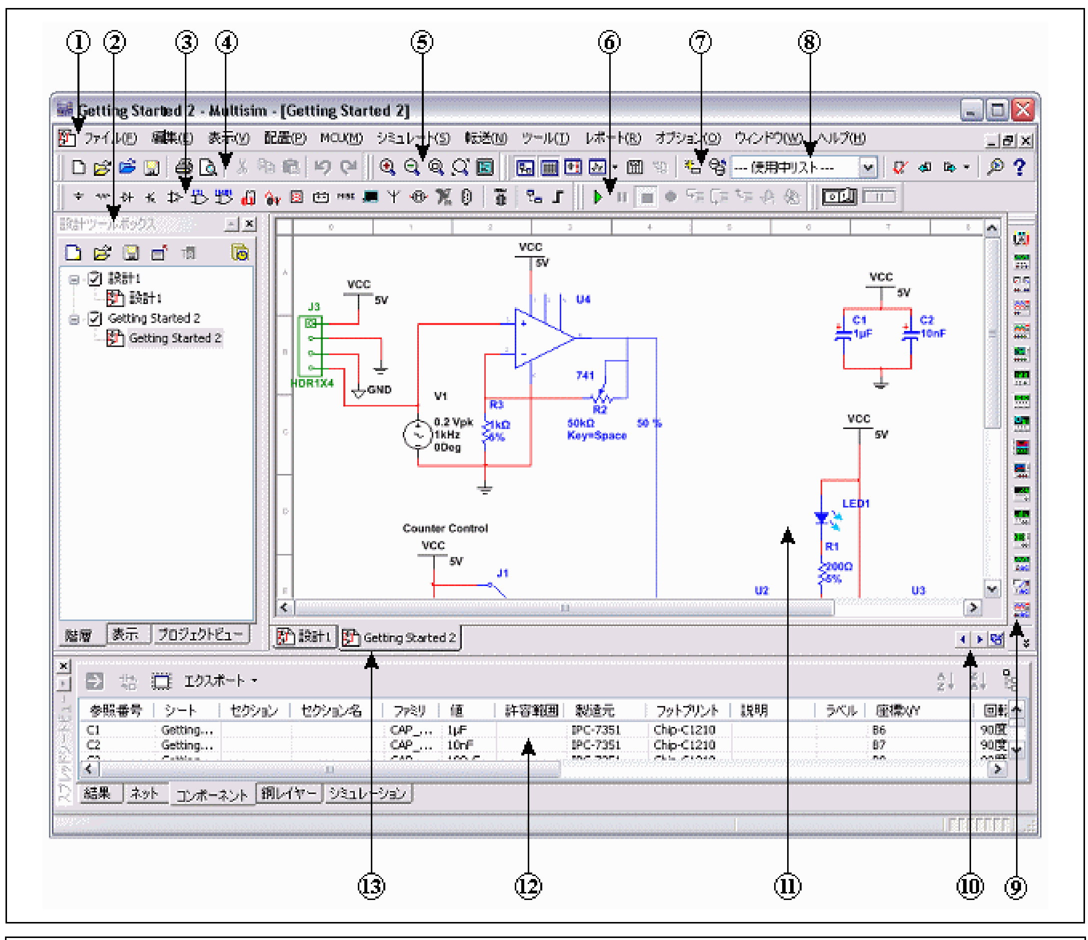
この章には、Multisim およびその多くの機能を紹介するチュートリアルが含まれています。

記載されている一部の機能は、NI Circuit Design Suite のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンで利用できる機能の一覧については、『NI Circuit Design Suite リリースノート』を参照してください。

Multisim インタフェースの概要

Multisim は、National Instruments Circuit Design Suite の回路図キャプチャおよびシミュレーションアプリケーションであり、EDA（Electronics Design Automation）ツールのパッケージソフトで、回路設計フローにおける主なステップを支援します。Multisim は、回路図の入力、シミュレーション、および PCB レイアウトのようなダウンステージステップへのエクスポート用に設計されています。

Multisim のユーザインタフェースは、以下の基本要素から構成されています。



1　メニューバー	5　表示ツールバー	8　使用中リスト	11　設計ウィンドウ
2　設計ツールボックス	6　シミュレーションツールバー	9　計測器ツールバー	12　スプレッドシート表示
3　コンポーネントツールバー	7　メインツールバー	10　左右のスクロール	13　アクティブタブ
4　標準ツールバー			

メニューバーにすべての機能へのコマンドがあります。

設計ツールボックスでは、プロジェクトの異なるタイプのファイル（回路図、PCB、レポート）を参照、回路図の階層を表示、そして異なるレイヤーを表示または非表示に設定することができます。

コンポーネントツールバーには、Multisim のデータベースから回路図に配置するコンポーネントを選択するためのボタンがあります。

標準ツールバーには、保存、印刷、切り取り、および貼り付けなどの一般的な操作のボタンがあります。

表示ツールバーには、画面の表示方法を変更するためのボタンがあります。

シミュレーションツールバーには、開始、停止、およびその他のシミュレーション機能のボタンがあります。

メインツールバーには、よく使用する Multisim の機能のボタンがあります。

使用中リストには、設計で使用中のすべてのコンポーネントのリストが含まれています。

計測器ツールバーには、各計測器のボタンがあります。

設計ウィンドウ（またはワークスペース）は、設計を行う場所です。

スプレッドシート表示では、フットプリント、参照番号、属性、および設計制約など、コンポーネントの詳細を含むパラメータの迅速で詳細な表示および編集が可能です。すべてまたは一部のコンポーネントのパラメータを一度に変更したり、さまざまな機能を実行することができます。

概要

このチュートリアルでは、回路図キャプチャ、シミュレーション、解析といった回路設計フローについて説明します。次のページで説明する手順に従って、小さなアナログ信号をサンプリング、増幅して簡単なデジタルカウンタで信号発生回数をカウントする回路を設計します。

以下の「ヒント」のように、役立つヒントが左側にアイコンによって示されます。



ヒント　キーボードで「F1」を押す、またはダイアログボックスの**ヘルプ**ボタンをクリックすることで、オンラインヘルプにいつでもアクセスすることができます。

回路図キャプチャ

このセクションでは、以下の図のように設計にコンポーネントを配置して配線します。

ファイルを開いて保存する

以下の手順に従ってください。

1. Multisim を起動します。「設計 1」という空のファイルがワークスペースで開きます。
2. **ファイル→別名で保存**を選択して、Windows 標準の保存ダイアログを表示します。
3. ファイルを保存する場所へ移動し、`MyGettingStarted` というファイル名を入力して**保存**ボタンをクリックします。



ヒント データを間違って削除した場合のために、**グローバル環境設定**ダイアログボックスの**保存**タブで自動バックアップ作成を設定することができます。

既存のファイルを開くには、以下の手順に従います。

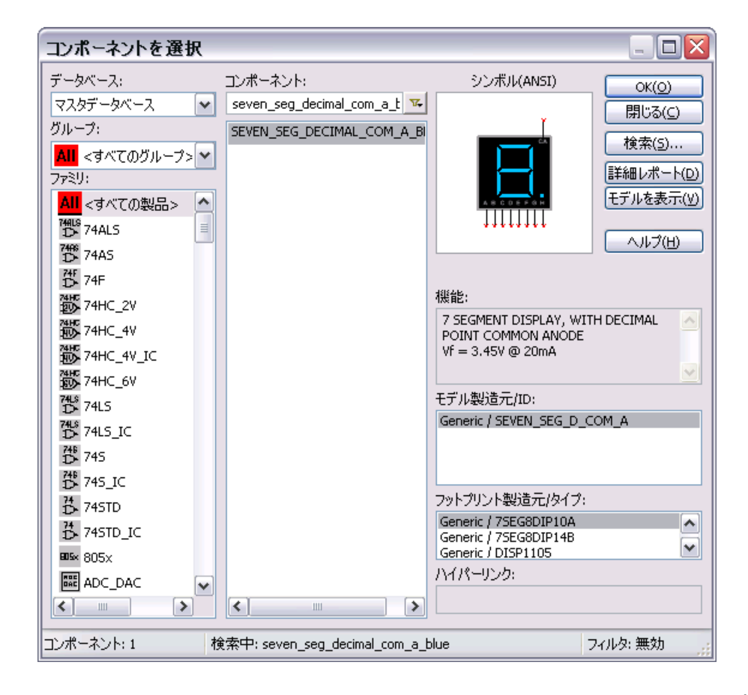
1. **ファイル→開く**を選択して、ファイルのある場所へ移動し、ファイルをハイライトして**開く**をクリックします。

コンポーネントを配置する

以下の手順に従い、コンポーネントを配置します。

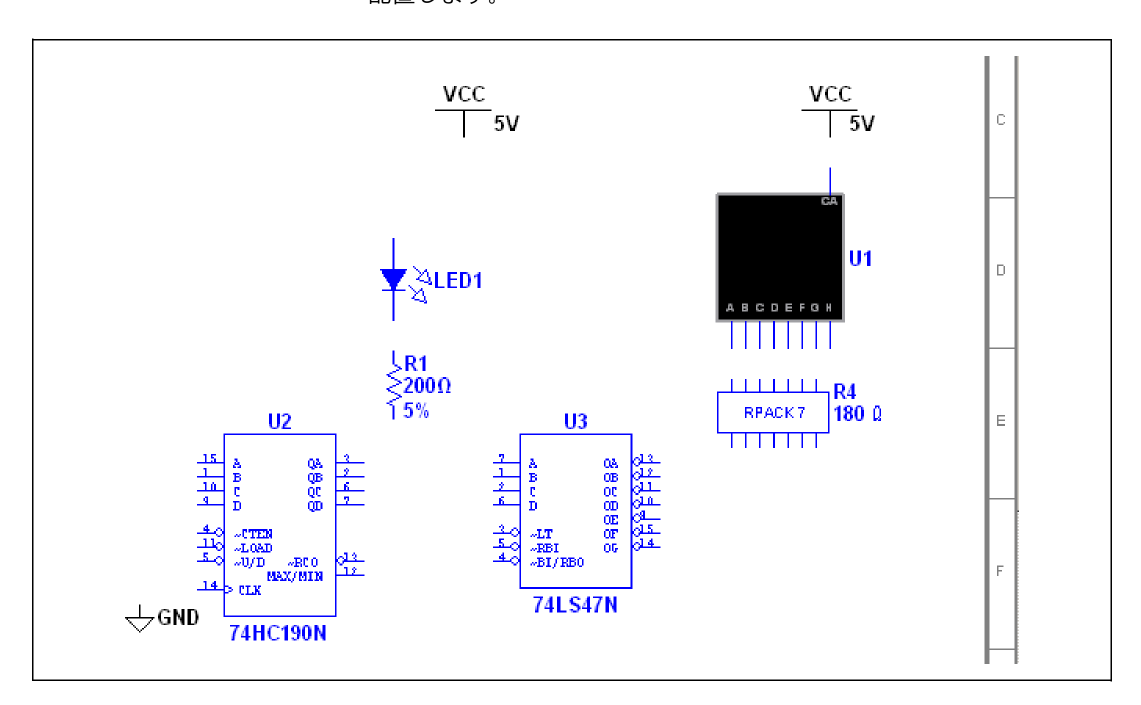
1. 上記の説明に従って MyGettingStarted を開きます。
2. **配置→コンポーネント**を選択して**コンポーネントを選択**ダイアログボックスを開き、以下の図に示される 7 セグメント LED 表示器を選択し、**OK** をクリックします。コンポーネントのゴースト画像がカーソル上に表示されます。

ヒント　適切な**グループ**と**ファミリ**を選択した後、ブラウザの**コンポーネント**フィールドにコンポーネント名を入力します。入力する際、ブラウザの下にある**検索中**フィールドに文字列が表示されます。この例では、seven_seg_decimal_com_a_blue と入力します。入力内容に応じて、一致するコンポーネント名が表示されます。



3. カーソルをワークスペースの右下へ移動し、左クリックしてコンポーネントを配置します。このコンポーネントの参照番号は「U1」となります。

4. 残りのコンポーネントを上の図のようにデジタルカウンタ用の領域に配置します。



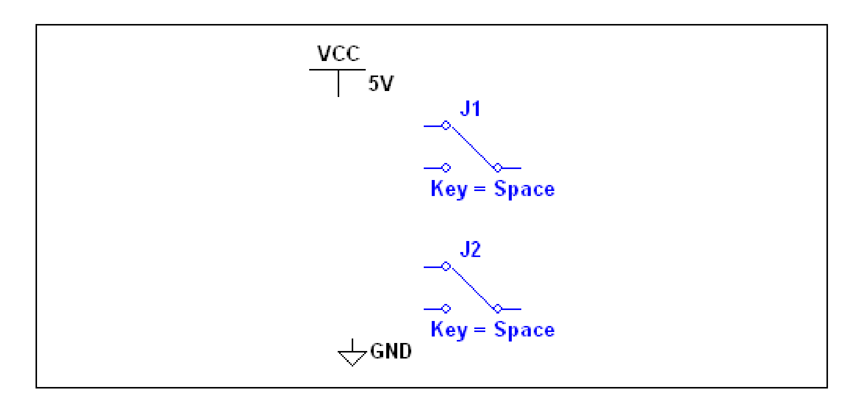
メモ　抵抗、インダクタ、コンデンサ（RLC コンポーネント）を配置する場合、**コンポーネントを選択**ダイアログボックスには他のコンポーネントとは若干異なるフィールドがあります。これらのコンポーネントを配置する際、コンポーネント値（例 : 抵抗値）、タイプ（例 : 炭素膜）、許容差、フットプリント、および製造元の任意の組み合わせを選択することができます。最終的に PCB レイアウトにエクスポートされ、**材料表**の一部になるコンポーネントを配置する場合は、**コンポーネントを選択**ダイアログボックスで選択する値の組み合わせが実際に購入可能なコンポーネントであることに注意する必要があります。

ヒント　RLC コンポーネントを配置する場合、**コンポーネント**リストの上にあるフィールドに配置するデバイス値を入力します。値を表示せずに、回路図に配置することもできます。

ヒント　200 Ω の抵抗を配置する場合は、キーボードで <Ctrl-R> を押して、縦になるよう回転させます。

ヒント　各コンポーネントの参照番号（例 : U1、U2 など）は、配置した順番に割り当てられます。したがって、コンポーネントを配置する順番によっては、上の図と参照番号が異なる場合があります。これは、設計の動作には影響しません。

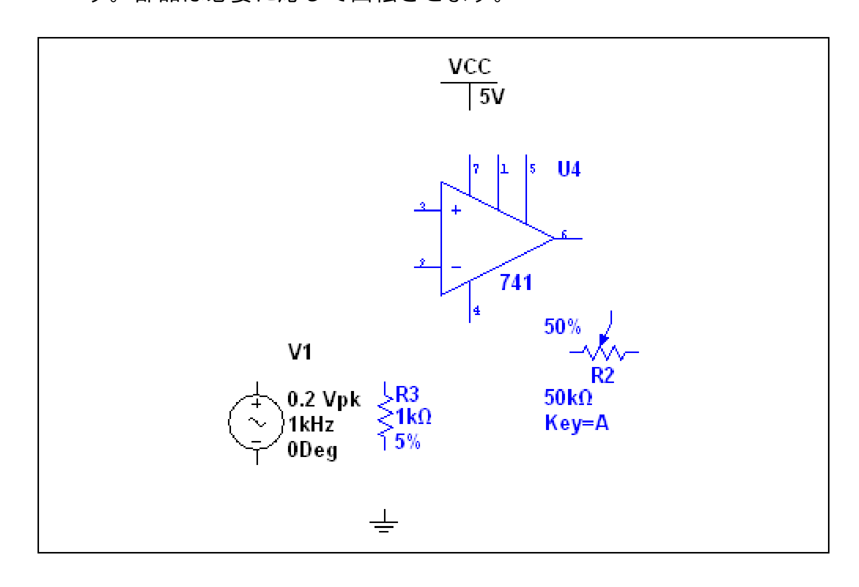
5. カウンタ制御用の領域に部品を配置します。配置が完了したら、各 SPDT スイッチを右クリックして**左右反転**を選択します。



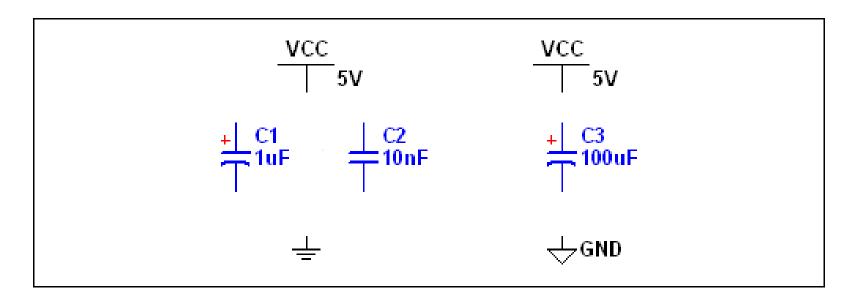
ヒント　SPDT スイッチは、**Basic** グループの **SWITCH** ファミリにあります。

ヒント　すでにワークスペースに配置したコンポーネントと同じコンポーネントを再度配置するには、配置済みのコンポーネントをハイライト表示して**編集→コピー**を選択し、**編集→貼り付け**を選択します。また、**使用中リスト**から選択して、クリックしてワークスペースに配置することもできます。

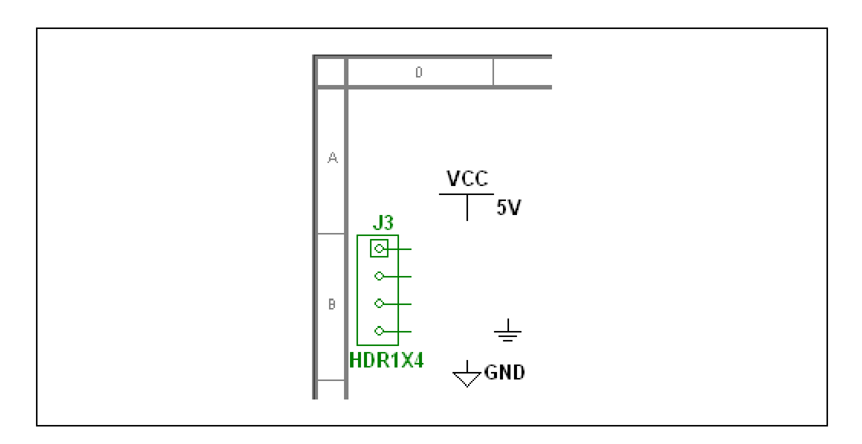
6. 下の図のように、アナログ増幅用の領域にコンポーネントを配置します。部品は必要に応じて回転させます。



7. AC 電圧信号ソースをダブルクリックし、**電圧 (Pk)** を 0.2 V に変更し、**OK** をクリックしてダイアログを閉じます。
8. 下の図のように、バイパスコンデンサ用の領域にコンポーネントを配置します。



9. 下の図に示されるように、ヘッダと関連コンポーネントを配置します。



ヒント　J3 は、**Connectors** グループの **GENERIC** ファミリにあります。

ヒント　設計の配線が完了したら、抵抗などの 2 ピンコンポーネントを直接ワイヤにドロップすることができます。接続は Multisim によって自動的に接続されます。

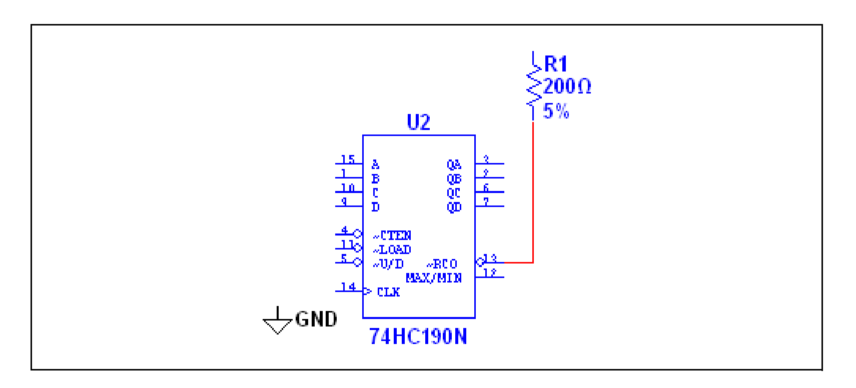
設計を配線する

すべてのコンポーネントには、他のコンポーネントまたは計測器に配線するためのピンがあります。カーソルをピンの上に配置すると十字に変化し、配線を開始できるようになります。

ヒント　ワークスペースに配置した設計を配線するか、`Getting Started` フォルダ（`samples` フォルダ内）から `Getting Started 1` を使用することもできます。

以下の手順に従い、設計を配線します。

1. コンポーネントのピンをクリックして接続を開始し（ポイントが十字に変化します）、マウスを移動させます。カーソルの動きに合わせてワイヤが表示されます。
2. 2 番目のコンポーネントのピンをクリックして接続を完了します。以下に示されるように、Multisim は適切な構成にワイヤを自動的に配置します。この機能により、大規模な設計を配線する場合に大幅に時間を節約することができます。





ヒント　配線中にマウスをクリックして、ワイヤの位置を指定することもできます。マウスをクリックするたびに、ワイヤがそのポイントに固定されます。

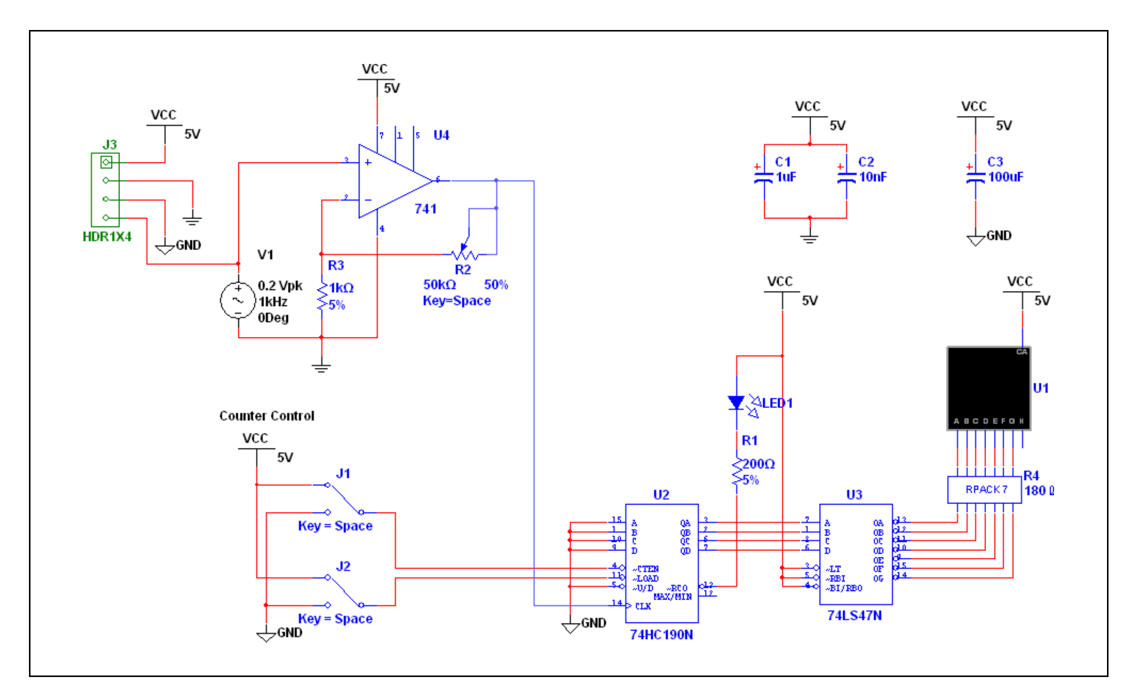
3. 下の図に示されるように、デジタルカウンタ領域のコンポーネントを配線します。



ヒント U3 や R4 などのマルチピンデバイスをバスで接続するには、**バスベクトル接続**を使用します。詳細については、『Multisim Help』を参照してください。

ヒント **仮想配線** - カウンタ制御領域とデジタルカウンタ領域の間のオンページコネクタを使用した接続では、仮想接続を使用して配線を簡潔にすることができます。

4. 下の図のように配線を完了します。



シミュレーション

設計を Multisim でシミュレートすると、設計フローの早い段階でエラーを検出することができ、時間とコストを削減することができます。

仮想計測器

このセクションでは、設計のシミュレーションを実行して結果を仮想オシロスコープに表示します。



ヒント `Getting Started` フォルダ（`samples` フォルダ内）から `Getting Started 2` を使用することもできます。

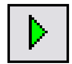
1. J1、J2、R2 は対話式コンポーネントです。

   各コンポーネントをダブルクリックし、**値**タブでキーを選択して、J1、J2、および R2 の操作キーを設定します。**トグルキー**フィールドに、J1 に対して「`E`」、J2 に対して「`L`」と入力します。R2 の**キー**フィールドに「`A`」と入力します。

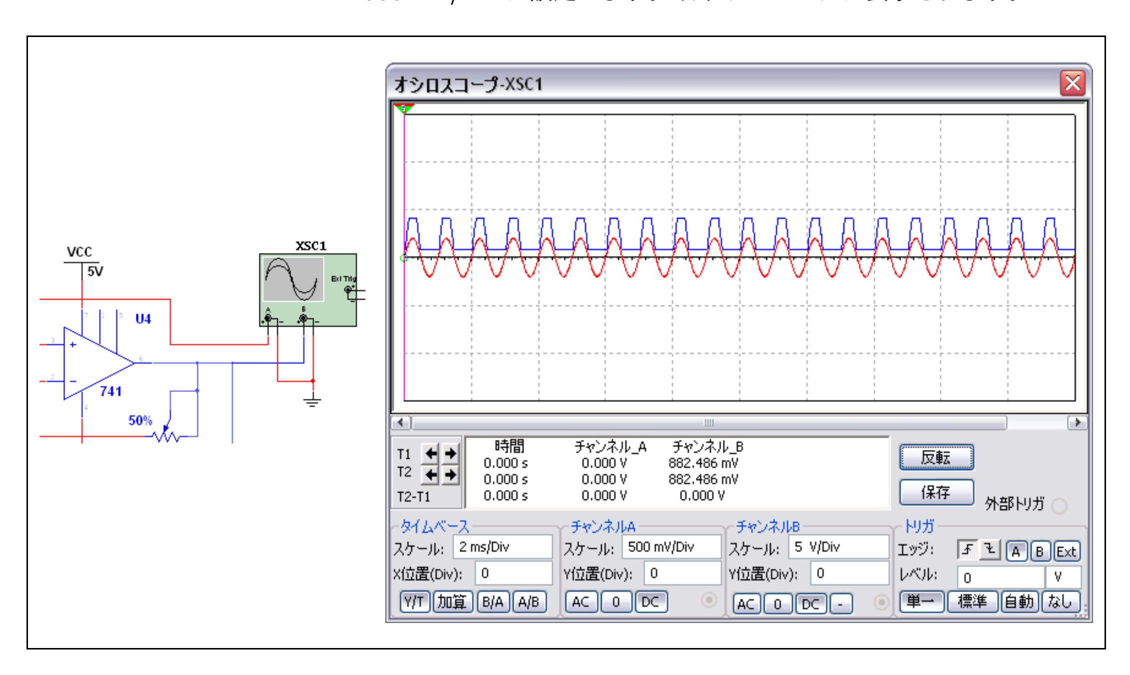
2. キーボードの <E> を押してカウンタを有効にするか、カーソルを「J1」の上に移動すると表示されるスイッチアームをクリックします。有効はアクティブ LOW です。
3. **シミュレート→計測器→オシロスコープ**を選択して、ワークスペースにオシロスコープを配置します。手順 5 で示されるように計測器を配線します。



ヒント　オシロスコープのトレースを簡単に区別するには、スコープの **B** 入力に配線されているワイヤを右クリックし、表示される詳細メニューから**セグメントカラー**を選択します。たとえば青など、**A** 入力に接続されているワイヤと異なる色を選択します。(ワイヤの色の変更やその他の編集機能は、シミュレーションの実行中に実行できません)。



4. スコープのアイコンをダブルクリックして計測器を表示します。**シミュレート→実行**を選択します。オペアンプの出力がスコープに表示されます。
5. タイムベースを 2 ms/Div に変更して、チャンネル A のスケールを 500 mV/Div に設定します。以下がスコープに表示されます。



設計のシミュレーション実行中に、7 セグメントのカウンタの数値が増加し、各カウントサイクルの終りに LED が点滅します。

6. シミュレーション実行中にキーボードの <E> キーを押して、カウンタを有効 / 無効に切り替えます。有効はアクティブ LOW です。

<L> キーを押してカウンタにゼロをロードします。ロードはアクティブ LOW です。

<Shift-A> キーを押して、ポテンショメータの設定値の減分を確認します。<A> キーを押して設定値を増分し、同じ操作を繰り返します。



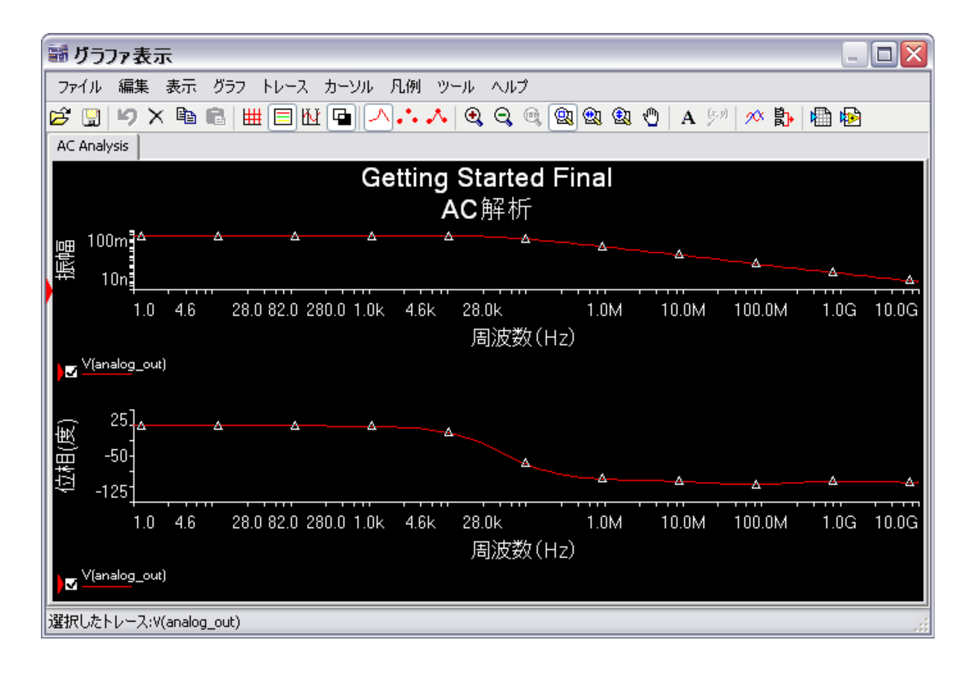
ヒント　上記のキーを押す代わりに、マウスで回路図上の対話式コンポーネントを直接操作することができます。

解析

このセクションでは、**AC 解析**を用いてアンプの周波数応答を検証します。

オペアンプの出力で **AC 解析**を実行するには、以下の手順に従います。

1. オペアンプのピン 6 に接続されているワイヤの上でダブルクリックし、**ネットプロパティ**ダイアログボックスで推奨ネット名を `analog_out` に変更します。
2. **シミュレート→解析→ AC 解析**を選択して、**出力**タブをクリックします。
3. **回路内の変数**（左）列の `V(analog_out)` をハイライトし、**追加**をクリックします。`V(analog_out)` が**解析用に変数を選択**（右）列に移動します。これは、シミュレーションの後にノードの電圧 `V(analog_out)` が表示されることを示します。
4. **シミュレーション**をクリックします。解析結果が**グラファ**に表示されます。

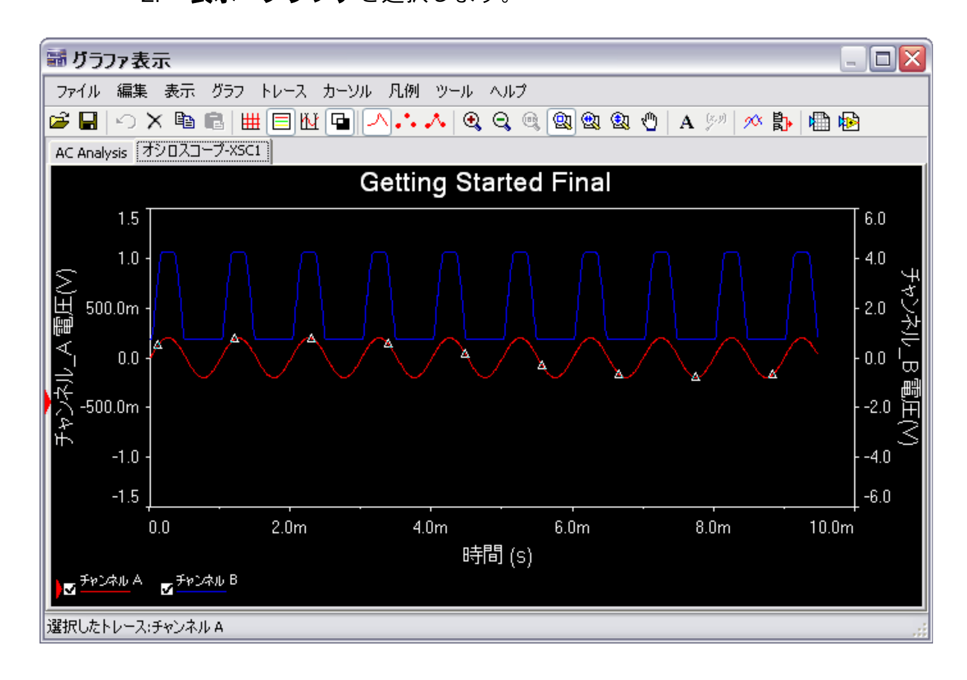


グラファ

グラファは、グラフや表を表示、調整、保存、エクスポートするための多目的表示ツールです。Multisim によるすべての解析結果のグラフや表、または一部の計測器のトレースのグラフを表示するために使用します（例 : オシロスコープの結果）。

グラファ上にシミュレーションの結果を表示するには、以下の手順に従います。

1. 上記の説明に従って、オシロスコープを使用したシミュレーションを実行します。
2. **表示→グラファ**を選択します。



後処理

後処理では、解析結果を処理して結果をグラフまたはチャートにプロットすることができます。解析結果で実行できる数学演算の種類は、算術演算、三角関数、指数関数、対数関数、複素演算、ベクトル演算、および論理演算です。

レポート

Multisim では、**材料表**（BOM)、**コンポーネント詳細レポート**、**ネットリストレポート**、**回路図統計**、**スペアゲート**、および**相互参照**レポートなどの多くのレポートを生成できます。このセクションでは、チュートリアルの設計の例として **BOM** を使用します。

材料表

材料表は、設計で使用されるコンポーネントの一覧で、回路基板の製造に必要なコンポーネントの概要を示します。提供される情報には、以下が含まれます。

- 必要な各コンポーネントの数量。
- コンポーネントのタイプ（例 : 抵抗）および値（例 : 5.1 kΩ) などの各コンポーネントの詳細。
- 各コンポーネントの参照番号。
- 各コンポーネントのパッケージまたはフットプリント。

設計の **BOM**（材料表）を作成するには、以下の手順に従います。

1. **レポート→材料表**を選択します。

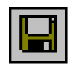
   以下のようなレポートが表示されます。

材料表(ドキュメント : Getting Started 2)

	数量	説明	参照番号	パッケージ
1	1	CAP_ELECTROLIT, 1uF	C1	IPC-7351\Chip-C1210
2	1	CAP_ELECTROLIT, 10nF	C2	IPC-7351\Chip-C1210
3	1	CAP_ELECTROLIT, 100uF	C3	IPC-7351\Chip-C1210
4	2	SWITCH, SPDT	J1, J2	Generic\SPDT
5	1	CONNECTORS, HDR1X4	J3	Generic\HDR1X4
6	1	LED_blue	LED1	Ultiboard\LED9R2_5Vb
7	1	RESISTOR, 200Ω 5%	R1	IPC-7351\Chip-R0805
8	1	POTENTIOMETER, 50k	R2	Generic\LIN_POT
9	1	RESISTOR, 1kΩ 5%	R3	IPC-7351\Chip-R0805
10	1	RPACK_VARIABLE_2X7, 180 Ohm	R4	IPC-2221A/2222\DIP-14
11	1	SEVEN_SEG_DECIMAL_COM_A_BLUE	U1	Generic\7SEG8DIP10A
12	1	74LS, 74LS190N	U2	IPC-2221A/2222\NO16
13	1	74LS, 74LS47N	U3	IPC-2221A/2222\NO16
14				

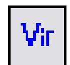


材料表を印刷するには、**印刷**ボタンをクリックします。Windows 標準の印刷ダイアログボックスが表示され、プリンタ、部数などを選択できます。



材料表をファイルに保存するには、**保存**ボタンをクリックします。Windows 標準のファイル保存ダイアログボックスが表示され、パスとファイル名を指定することができます。

材料表は主に調達および製造プロセスの支援が目的であるため、実際のコンポーネントのみが含まれています。ソースや仮想コンポーネントなどの実物ではない、または購入不可能なコンポーネントは除外されます。フットプリントに割り当てられていないコンポーネントは、**材料表**に表示されません。



設計の実際のコンポーネントではないコンポーネントの一覧を表示するには、**仮想**ボタンをクリックします。別のウィンドウにこれらのコンポーネントのみを表示します。

この詳細情報および他のレポートについては、『Multisim Help』を参照してください。

3

Ultiboard チュートリアル

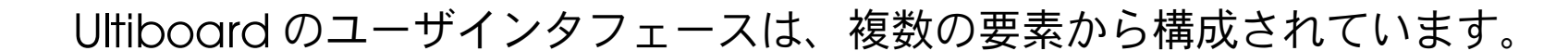
この章のチュートリアルでは、Multisim チュートリアルの章に記載される回路の部品およびトレースを配置する方法を説明します。

記載されている一部の機能は、Ultiboard のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンで利用できる機能の一覧については、『NI Circuit Design Suite リリースノート』を参照してください。

Ultiboard インタフェースの概要

Ultiboard は、National Instruments Circuit Design Suite の PCB レイアウトアプリケーションであり、EDA（Electronics Design Automation）ツールのパッケージソフトで、設計フローにおける主なステップを支援します。

Ultiboard は、プリント回路基板のレイアウトおよび経路設定、特定の基本的な機械 CAD 操作の実行、そしてボードの製造の準備に使用します。また、Ultiboard を使用して自動部品配置およびワイヤ経路設定を行うことができます。



Ultiboard のユーザインタフェースは、複数の要素から構成されています。

1　メニューバー	5　表示ツールバー	8　ステータスバー	11　設計ツールボックス
2　標準ツールバー	6　メインツールバー	9　ワークスペース	12　3D プレビュー
3　選択ツールバー	7　自動経路設定ツールバー	10　スプレッドシート表示	13　全体図ビュー
4　描画設定ツールバー			

メニューバーにすべての機能へのコマンドがあります。

標準ツールバーには、保存、印刷、切り取り、および貼り付けなどの一般的な操作のボタンがあります。

より多くの部品およびトレースをボードに追加すると、それらの中から使用するものだけを選択することが難しくなります。**選択**ツールバーには、選択の制御に使用するボタンが含まれています。

描画設定ツールバーでは、描画するラインまたはオブジェクトの太さおよび測定単位、そしてレイヤーを選択することができます。このツールバーにはまた、ラインの外観、そしてレイヤーに描画する形状を制御する機能のボタンが含まれています。

表示ツールバーには、画面の表示方法を変更するためのボタンがあります。

メインツールバーには、よく使用するボード設計機能のボタンがあります。

自動経路設定ツールバーには、自動経路設定および部品配置機能があります。

ステータスバーは、役立つ重要情報を表示します。

ワークスペースでは、設計を行います。

スプレッドシート表示では、フットプリント、形状、参照番号、属性、および設計制約など、部品の詳細を含むパラメータの迅速で詳細な表示および編集が可能です。

設計ツールボックスでは、設計の要素を表示、非表示、または淡色表示に設定することができます。

3D プレビューでは、ボードの 3 次元プレビューを表示することができます。

全体図ビューは設計の全体図を表示し、ワークスペースでの操作を簡単にします。

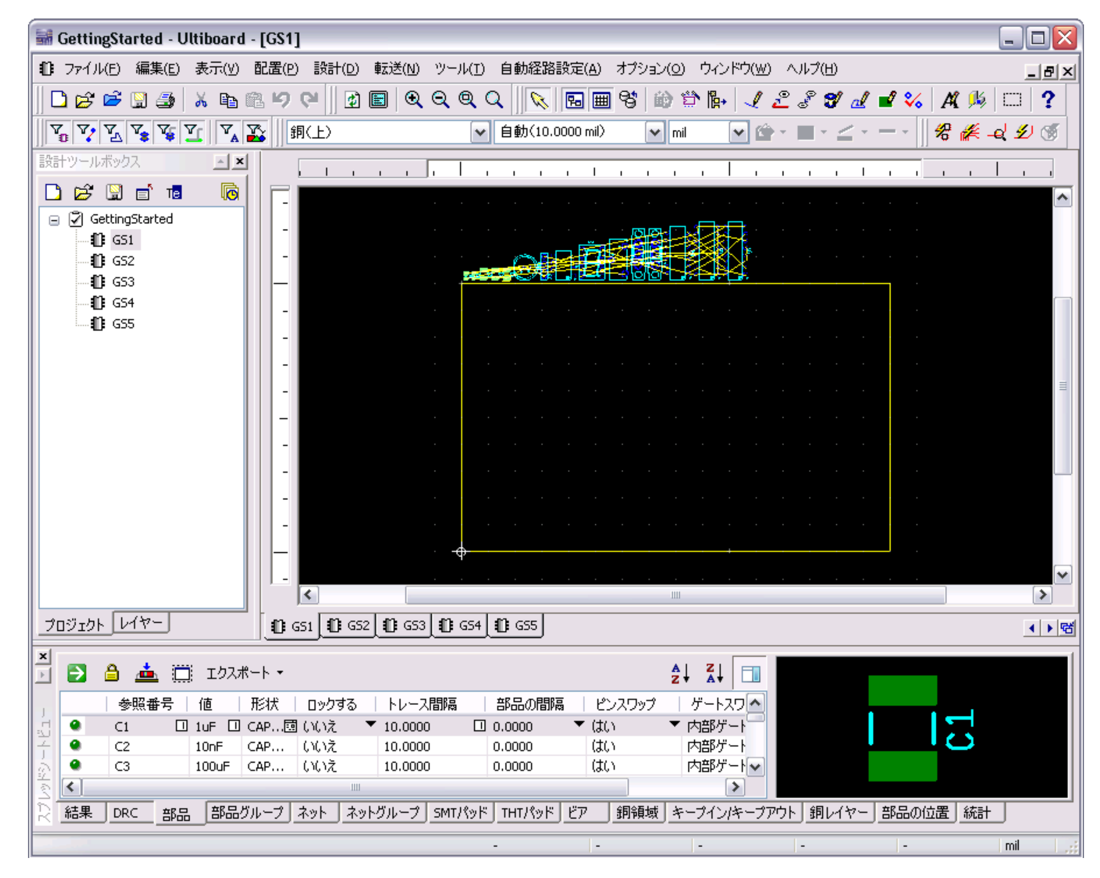
チュートリアルを開く

チュートリアルファイルを開くには、以下の手順に従います。

1. Ultiboard を起動して**ファイル→サンプルを開く**を選択し、`Getting Started` フォルダをダブルクリックして開きます。
2. `Getting Started` を選択し、**開く**をクリックします。プロジェクトファイルが Ultiboard にロードされます。



ヒント　Multisim から Ultiboard に設計をエクスポートする方法については、『Multisim Help』および『Ultiboard Help』を参照してください。



3. プロジェクトから設計（例 : GS1）を選択するには、そのタブをクリックするか、**設計ツールボックス**の**プロジェクト**タブ内の名前をクリックします。

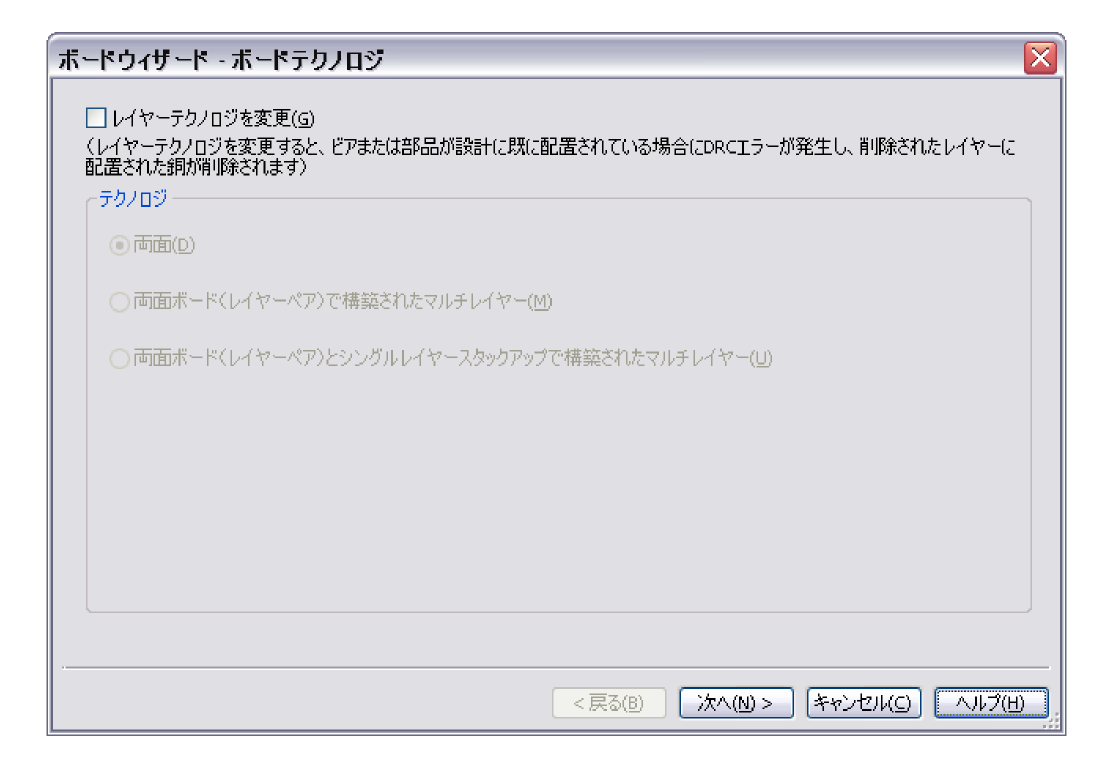
ボードアウトラインを作成する

ボードアウトラインはすでに存在しますが、この設計の部品に適したサイズのボードアウトラインを以下のいずれかの方法で作成することができます。

- 描画ツールを使用してボードアウトラインを描画。
- DXF ファイルをインポート。
- **ボードウィザード**を使用。

以下の手順に従い、**ボードウィザード**を使用します。

1. **レイヤー**タブで**ボードアウトライン**をダブルクリックして、レイヤーをアクティブにします。
2. GS1 設計で既存のボードアウトラインをクリックして、キーボードで <Delete> を押します。
3. **ツール→ボードウィザード**を選択します。



4. **レイヤーテクノロジを変更**オプションを有効にして、**テクノロジ**オプションが利用できるようにします。

5. **両面ボード（レイヤーペア）とシングルレイヤースタックアップで構築されたマルチレイヤー**を選択して、**次へ**をクリックします。

   次のダイアログボックスで、ボードの**ラミネート設定**を定義します。（このチュートリアルでは設定は変更しません。）

ボードウィザード - 銅レイヤー
ラミネート設定
レイヤーペア(P): 1
シングルレイヤースタックアップ:
上(O): 0
下(M): 0
中間レイヤー: 0
ブラインドビア(D):
埋め込みビア(U):
マイクロビア(V):
Copper TopからCopper Bottomへのスルーボードビア
< 戻る(B)　次へ(N) >　キャンセル(C)　ヘルプ(H)

6. **次へ**をクリックします。

   ボードウィザード - ボードの形状ダイアログボックスでは、以下に注意してください。

   - **単位**が **mil** に設定されている。
   - **基準ポイント**で**アライメント**が**下（左）**に設定されている。
   - **ボードの形状とサイズ**で**長方形**オプションが設定されている。
   - **幅**を 3000、**高さ**を 2000 に設定する（この設計の部品に最適なサイズ）。
   - **間隔**を 5.00000 に設定する。これは部品または要素を配置しない、ボードの端からの距離です。

7. **終了**をクリックします。ボードアウトラインは設計に配置されます。



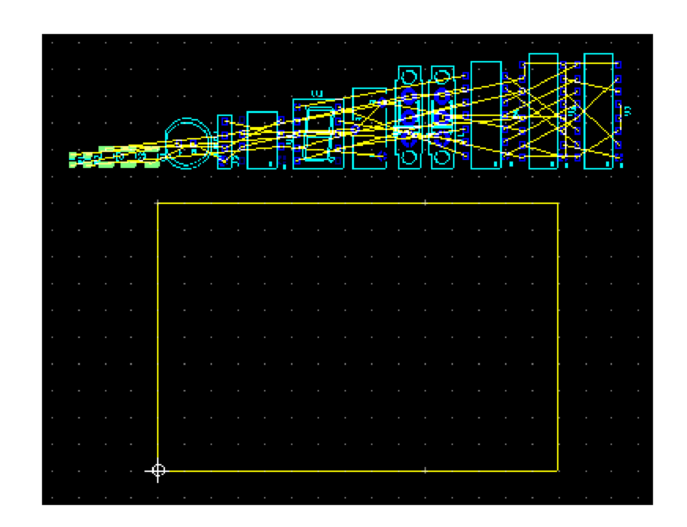
メモ　**ボードウィザード**の詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

以下の手順に従い、ボードアウトラインを移動します。

1. **レイヤー**タブの**ボードアウトライン**をダブルクリックします。
2. ワークスペースのボードラインをクリックして、ボードを部品の行のすぐ下にドラッグします。

以下の手順に従い、基準ポイントを変更します。

1. **設計→基準ポイントを設定**を選択します。カーソルに基準ポイントが表示されます。
2. カーソルをボードラインの左下へ移動し、クリックして配置します。



部品を配置する

GS1 設計ファイルにさまざまな方法で部品を配置することができます。

- ボードアウトラインの外側から 1 つまたは複数の部品を選択して所定の位置へドラッグする。
- **スプレッドシート表示**の**部品**タブを使用して部品を検索して配置する。
- データベースから部品を選択して配置する。



ヒント　**配置→部品配置を取り消し**コマンドを使用して、ロックされていないすべての部品を PCB から素早く削除して、異なる配置方法を試すことができます。

ボードアウトラインの外側から部品をドラッグする

デフォルトでは、Multisim または他の回路図キャプチャプログラムからのネットリストを開くと、コンポーネントはボードアウトラインの外側に配置されています。

始める前に、**設計ツールボックス**で**銅（上）**レイヤーをダブルクリックして、アクティブレイヤーにします。

以下の手順に従い、U1 をボードアウトラインの外側にドラッグします。

1. ボードアウトラインの外側の部品のコレクションの中から U1 を探します。マウスホイールを使用して、U1 が見えるまでズームインすると簡単です。



ヒント　また、**編集→検索**コマンドで部品を検索することもできます。このコマンドは他のアプリケーションの検索機能のような役割を果たし、名前、番号、形状、値、またはすべての変数から検索することができます。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

2. U1（7 セグメント表示器）をクリックして、下記の図に表示される位置にドラッグします。

①　②

1　フォースベクトル（オレンジのライン）	2　ラッツネスト（黄色のライン）

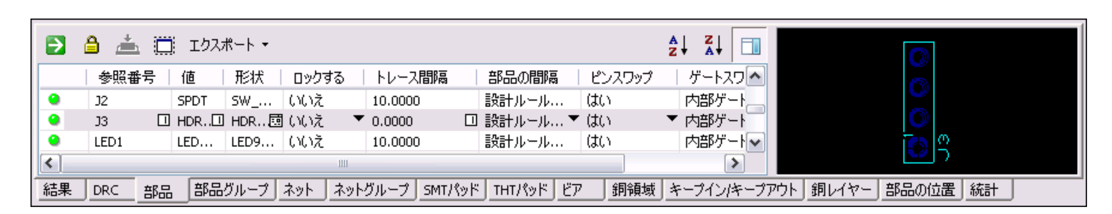
U1 は選択されたままです。これは、アプリケーションにおける Ultiboard の重要な点であり、すべての操作を明示的に終了する必要があります。この場合、他の場所をクリックして部品を選択解除します。また、右クリックすると現在の操作が終了します。

3. **スプレッドシート表示**の**部品**タブへ移動し、U1 が表示されるまでスクロールします。部品の隣の緑のライトがやや明るくなっていることに注意してください。これは、部品が配置されたことを示しています。

部品タブから部品をドラッグする

以下の手順に従い、部品を**部品**タブからドラッグします。

1. **部品**タブで J3 が表示されるまでスクロールします。

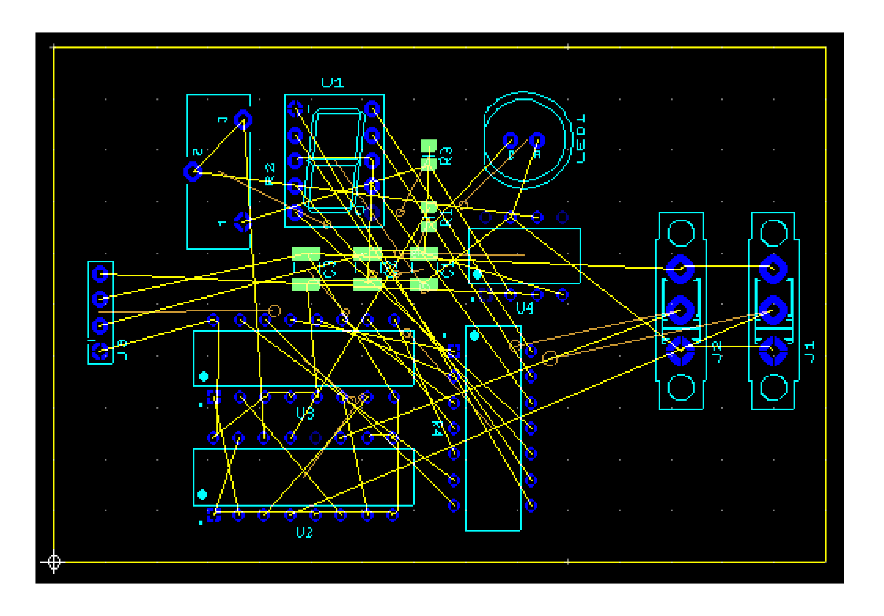


2. J3 をクリックして、**部品**タブからワークスペースにドラッグします。ポインタの動きに合わせて J3 が表示されます。
3. J3 をボードの左側のエッジの、やや中央にドロップします。上記のように、**部品**タブの J3 の緑色のライトはやや明るくなり、部品が配置されたことを示しています。

チュートリアルの部品を配置する

任意の方法、また任意の方法の組み合わせで、以下の図のようなレイアウトを作成してください。すでにこのように配置されている、プロジェクトの次の設計ファイル、GS2 を使用することもできます。

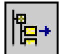
設計は以下のようになります。



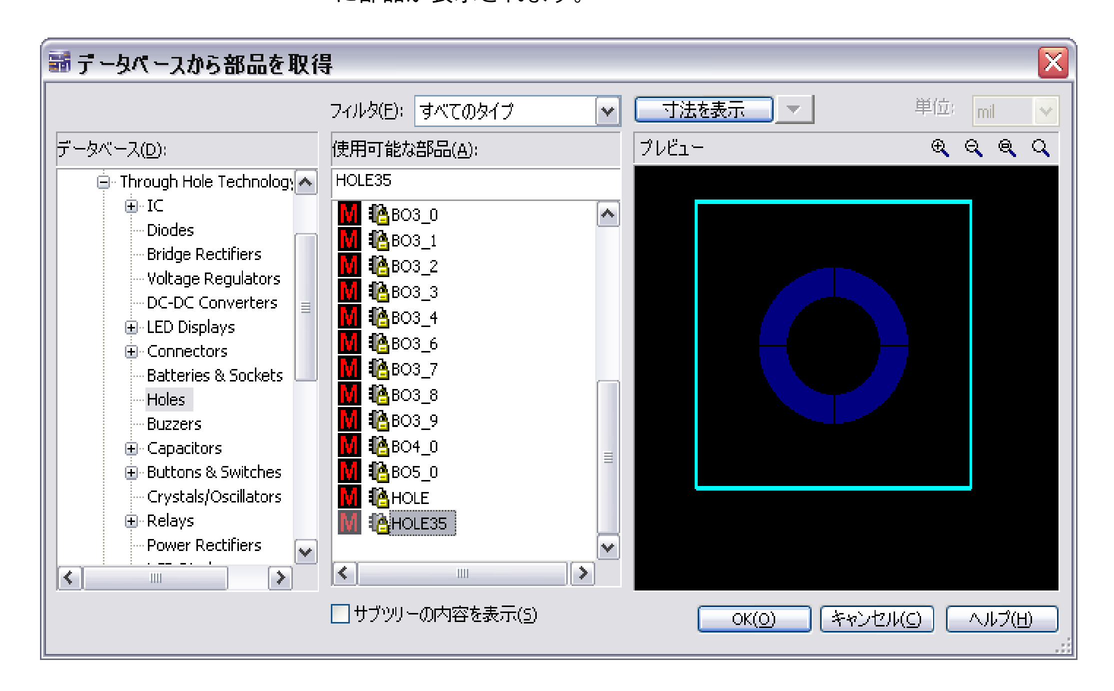
データベースから部品を配置する

設計ファイルにインポートされた部品を配置する以外に、データベースから直接部品を配置することができます。以下では、この方法を使用して取り付け穴を配置します。

以下の手順に従い、データベースから部品を配置します。

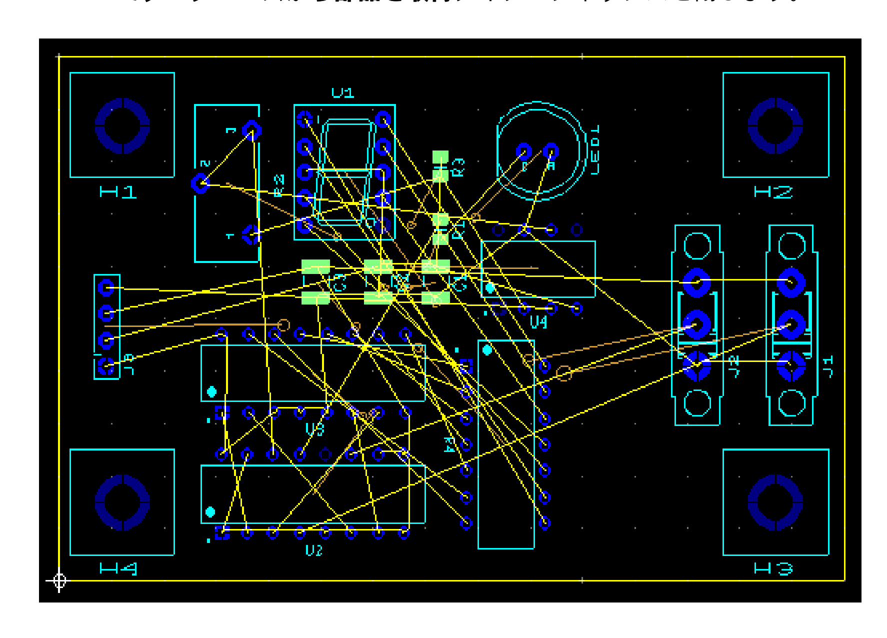


1. **配置→データベースから**を選択します。**データベースから部品を取得**ダイアログボックスが表示されます。
2. **データベース**パネルで、**Ultiboard マスタ→ Through Hole Technology Parts** カテゴリを展開し、**Holes** カテゴリを参照します。**使用可能な部品**パネルに部品が表示されます。
3. **使用可能な部品**パネルで、**HOLE35** を選択します。**プレビュー**パネルに部品が表示されます。



4. **OK** をクリックします。**データベースから部品を取得**ダイアログボックスが消え、**参照番号**および**値**を入力するダイアログボックスが表示されます。
5. 穴の参照番号（H1）および値（HOLE）を入力して、**OK** をクリックします。
6. ボード上にポインタを移動します。ポインタに部品が表示されます。
7. 左上隅の位置に穴を移動したら、クリックしてボードにドロップします。

8. 参照番号が自動的に H2 に増分された**部品の参照番号を入力**ダイアログボックスが再び表示されます。
9. 値（HOLE）を入力して **OK** をクリックし、次の取り付け穴を右上隅に配置し、同じ作業を繰り返して H3 を右下隅に配置し、H4 を左下隅に配置します。
10. **キャンセル**をクリックして停止し、**キャンセル**をもう一度クリックして**データベースから部品を取得**ダイアログボックスを閉じます。



部品を移動する

配置する方法と同じ方法で部品を移動することができます。クリックするだけで、ボード上にすでにある部品を選択できます。選択した部品の移動先の X/Y 座標を指定するには、数値キーパッドの <*> キーを押します。また、**部品**タブで配置した部品（隣に緑色のライトで示される）を選択し、新しい場所にドラッグします。



ヒント　部品のラベルとパッドは、形状とは別の要素です。ボードの部品を選択する場合は、ラベルまたはパッドだけでなく部品全体を選択してください。必要に応じて**選択フィルタ**を使用してください。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。



ヒント　部品を選択したら、キーボードの矢印キーを押して、ボード上で移動することもできます。

また、部品のグループを選択して、同時に移動することもできます。これを行うには、以下のうちの 1 つを実行してください。

- <Shift> キーを押したまま、複数の部品をクリックする。
- いくつかの部品の周りをマウスでドラッグしてボックスで囲む。

選択されたすべての部品は、カーソルをドラッグすると移動します。



ヒント　これらは一時的なグループで、他の部品を選択するとグループ接続は解除されます。グループが削除するまで残るようにするには、**グループエディタ**を使用します。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

部品を移動するもう 1 つの方法は、**編集→整列**コマンドを使用して、選択した部品の端を揃えるか、部品間のスペースを相対的に設定します。

編集→整列コマンドを使用して、配置した取り付け穴を揃えます。

1. **H1** を選択して、<Shift> キーを押したまま **H2** を選択します。
2. **編集→整列→上揃え**を選択します。H2 が H1 に沿って配置されていなかった場合は、H2 が移動します。
3. ボード上の空白をクリックして、**H2** と **H3** を選択します。
4. **編集→整列→右揃え**を選択します。
5. 同様に H3 と H4 の下端、および H1 と H4 の左端を揃えます。

トレースを配置する

トレースの配置には以下のオプションがあります。

- 手動トレース
- 誘導型トレース
- 接続マシントレース

手動トレースは、ユーザの設定に従って、コンポーネントまたはトレースを介する場合も指定した通りに配置されます。誘導型トレースは、マウス操作で選択したピン間に有効なトレースを自動的に描画します。ピンからピンへ移動することで、有効なトレースを作成することができます。接続マシントレースは、最も効率の良い経路で 2 つのピンを自動的に接合します。オプションで経路を変更することもできます。

トレースを配置する際は、最後にクリックして固定する前に解除することによってセグメントを削除することができます。手動トレースを配置中にクリック、もしくは誘導型トレースまたは接続マシントレースで方向を変更するたびに、トレースの個別のセグメントが作成されます。トレースの操作をする場合、最適なセグメントを選択するか、必要であればトレース全体を選択します。

手動トレースを配置する

今まで作業してきた設計を継続して使用するか、GS3 を使用します。開始する前に**銅（上）**レイヤーが選択されていることを確認してください。**銅（上）**が**設計ツールボックス**の**レイヤー**タブで赤でハイライトされます。

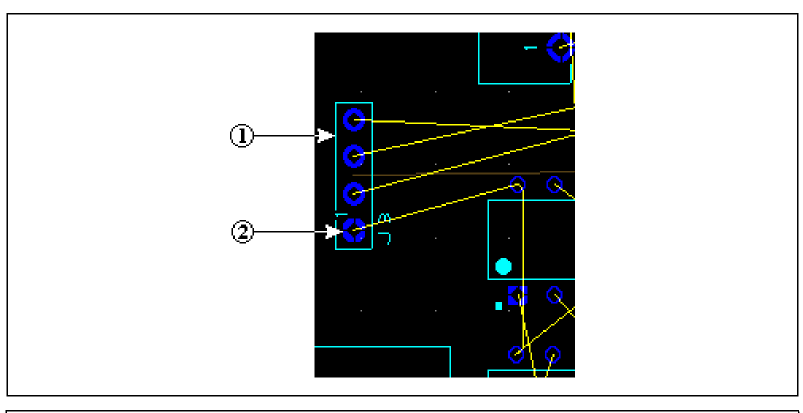
ヒント　必要な場合は、<F7> を押して設計全体を表示します。

以下の手順に従い、トレースを手動で配置します。

1. **配置→ライン**を選択します。

ヒント　**ライン**コマンドは任意のレイヤー上にラインを作成するために使用します。結果は、選択するレイヤーによって異なります。たとえば、選択したレイヤーがシルクスクリーンの場合、PCB のシルクスクリーンレイヤー上にラインを作成します。選択したレイヤーが銅の場合、ラインが実際のトレースになります。

2. ボードの左側にある J3 を検索します。下記に示される開始ピンを検索します。

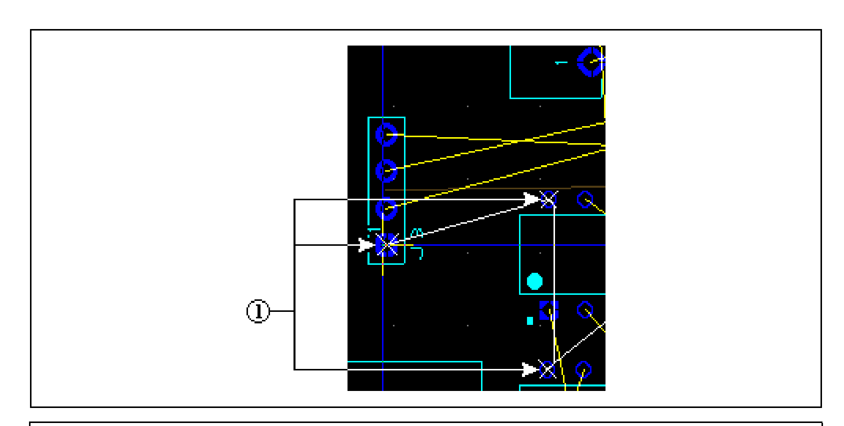


1　部品 J3	2　開始ピン

ヒント　**フォースベクトル**を無効にするか淡色表示すると、ネットをより明確に表示できます。**設計ツールボックス**の**レイヤー**タブの**フォースベクトル**チェックボックスを使用して表示を変更します。**フォースベクトル**については、『Ultiboard Help』を参照してください。

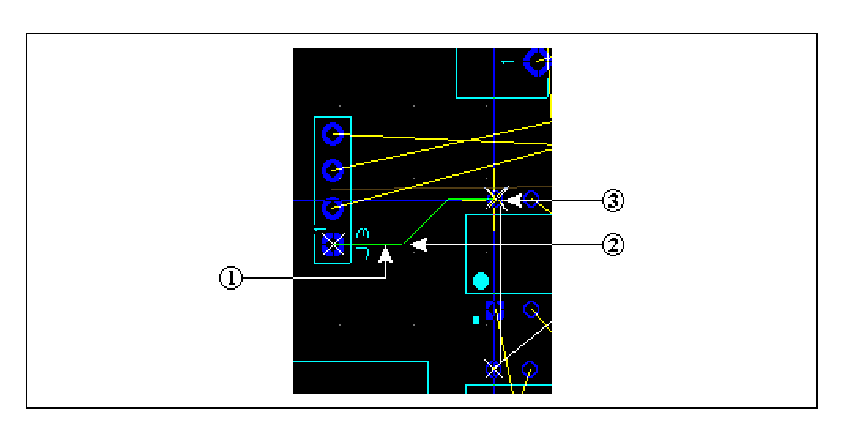
ヒント　部品を検索できない場合は、**部品**タブの**検索**機能を使用します。**部品**タブで部品を選択して、**部品を検索して選択**ボタンをクリックします。部品は、ワークスペースに表示されます。必要な場合は、マウスホイールを使用してさらにズームインします。

3. 上記のステップで指定されたピンをクリックします。Ultiboard は、クリックしたピンと同じネット上のすべてのピンを X 印でハイライトします。（ハイライトに使用される色は、**グローバル環境設定**ダイアログボックスの**カラー**タブで変更できます）。この方法で、回路図の接続に対応した接続するピンを探すことができます。



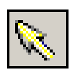
1	同じネットのピン

4. カーソルを動かします。緑のライン（トレース）は選択されたピンに固定されます。クリックするたびに、以下の図の②のようにトレースセグメントが固定されます。



1	トレース	3	配線先のピン
2	クリックしてトレースを固定		

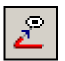
5. 配線先のピンをクリックします。
6. 右クリックして**キャンセル**を選択し、トレースの配置を終了します。



7. ライン配置モードを終了するには、**メイン**ツールバーの**選択**ボタンをクリックします。

誘導型トレースを配置する

以下の手順に従い、誘導型トレースを配置します。



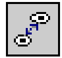
1. **配置→誘導型**を選択します。
2. J3 の一番上のピンをクリックします。
3. U4 の左側の下から 2 番目のピンをクリックします。
4. Ultiboard が自動的に接続を描画します。



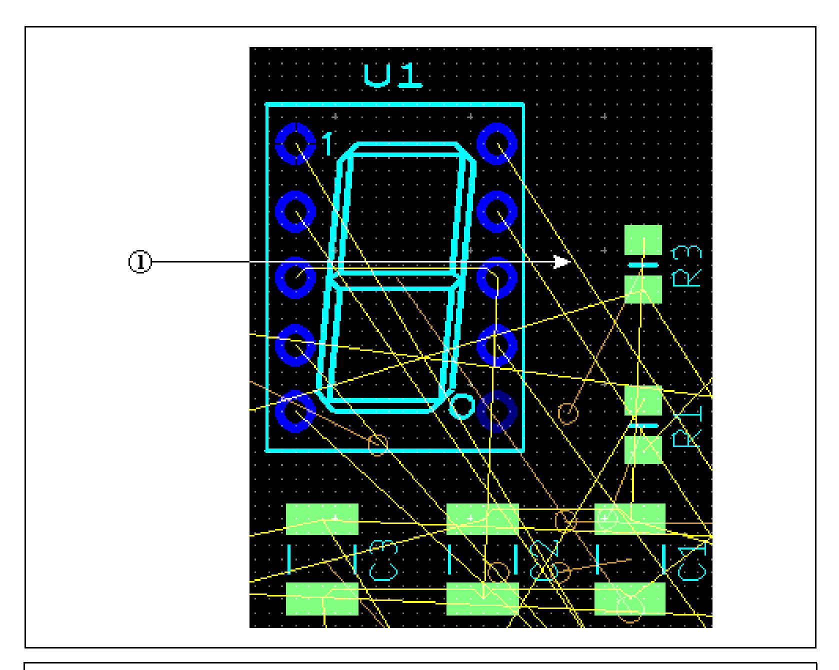
ヒント　ピンをクリックする必要はありません。ラッツネストラインをクリックして開始することもできます。

接続マシントレースを配置する

以下の手順に従い、**接続マシン**トレースを配置します。



1. **配置→接続マシン**を選択します。
2. 下記に示されるラッツネストのセグメントをクリックします。



1　ラッツネストをクリック

3. カーソルを動かします。Ultiboard は、障害物の周りを経路設定するさまざまなトレース配置オプションを表示します。

4. 設定したい経路がある場合、クリックしてトレースを固定します。ラッツネストまたは配線先のピンをクリックする必要はありません。

1	ピンの間に表示されるトレースセグメント

5. 右クリックしてトレース配置を終了します。

自動部品配置

この章で説明された部品の配置以外に、Ultiboard の上級自動部品配置機能を使用することができます。



ヒント　部品を自動配置する前に、自動配置プロセス中に移動しない部品すべてをあらかじめ配置してロックします。(GS5 の取り付け穴および U1、J1、J2、J3、LED 1 はあらかじめ配置されロックされています)。部品をロックする方法の詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

Getting Started で部品を自動配置するには、以下の手順に従います。

1. Ultiboard で GS5 設計を開きます。
2. **自動経路設定→自動部品配置**を選択します。部品が回路基板に配置されます。

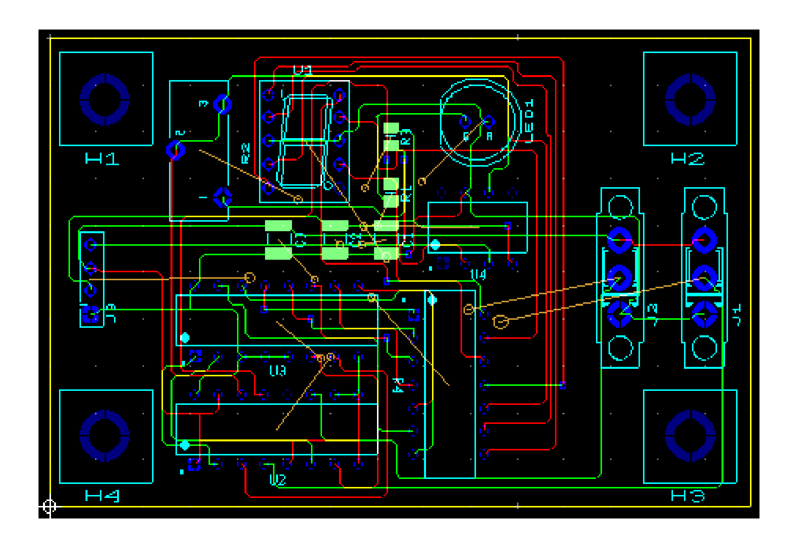
トレースを自動経路設定する

この章ですでに説明した方法、または以下で説明する自動的に経路設定する方法で、Ultiboard にトレースを配置することができます。

Getting Started でトレースを自動設定するには、以下の手順に従います。

1. Ultiboard で GS3 設計を開きます。
2. **自動経路設定→自動経路設定を開始 / 再開**を選択します。ワークスペースは**自動経路設定モード**になり、トレースの自動経路設定が開始されます。

   自動経路設定が開始されると、トレースがボードに配置されます。自動経路設定が完了すると、**自動経路設定モード**が閉じ、ワークスペースに戻ります。
3. オプションで、**自動経路設定→経路を最適化**を選択して、トレースの配置を最適化することができます。



自動経路設定は、いつでも終了することができ、手動で変更できます。自動経路設定を再開すると、変更を反映して継続します。手動で配置したトレースで、自動経路設定機能によって移動したくないトレースはロックしてください。



ヒント　**経路設定オプション**ダイアログボックスを使用して、自動配置および自動経路設定オプションを変更できます。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

製造 / アセンブリの準備をする

Ultiboard は、多くの異なる出力フォーマットが生成可能で、生産および製造のニーズに対応します。このセクションでは、生産およびドキュメント化のためにボードを出力する機能について説明します。

ボードをクリーンアップする

ボードの製造に進む前に、開いているトレース終端（設計で終端接続がされていないトレースセグメント）、ボードに残っている未使用のビアを削除する必要があります。

開いているトレース終端を削除するには、`GS4` 設計を開き、**編集→銅を削除→開いたトレース終端**を選択します。この方法では、設計中のすべての開いているトレースが削除されます。

未使用のビアを削除するには、設計が開いていることを確認し、**設計→未使用ビアを削除**を選択して、トレースセグメントまたは接続されている銅領域を持たないすべてのビアを削除します。

コメントを追加する

コメントを使用して設計の変更指示を表示したり、チームメンバー間の共同作業を容易にしたり、背景情報を設計に追加することができます。

コメントをワークスペースや部品に固定することができます。コメントの付いた部品が移動されると、コメントも一緒に移動します。

詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

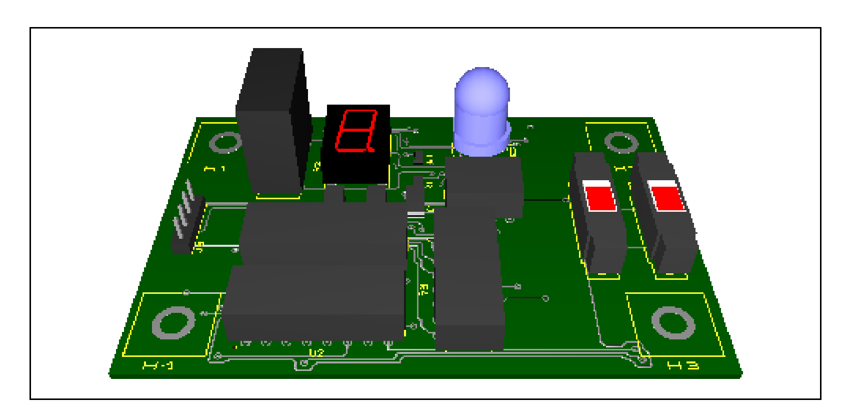
ファイルをエクスポートする

エクスポートされたファイルには、完成ボードの製造方法の詳細情報が含まれています。エクスポートできるファイルには、Gerber RS-274X および RS-274D ファイルが含まれます。

詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

設計を 3D で表示する

Ultiboard では、設計中にいつでも 3 次元でボードを表示できます。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。





ヒント　**内部ビュー**を使用して、マルチレイヤー PCB のレイヤー間を表示することができます。詳細については、『Ultiboard Help』を参照してください。

4

Multisim MCU チュートリアル

この章のチュートリアルでは、マイクロコントローラが含まれる設計のシミュレーションおよびデバッグのプロセスを説明します。

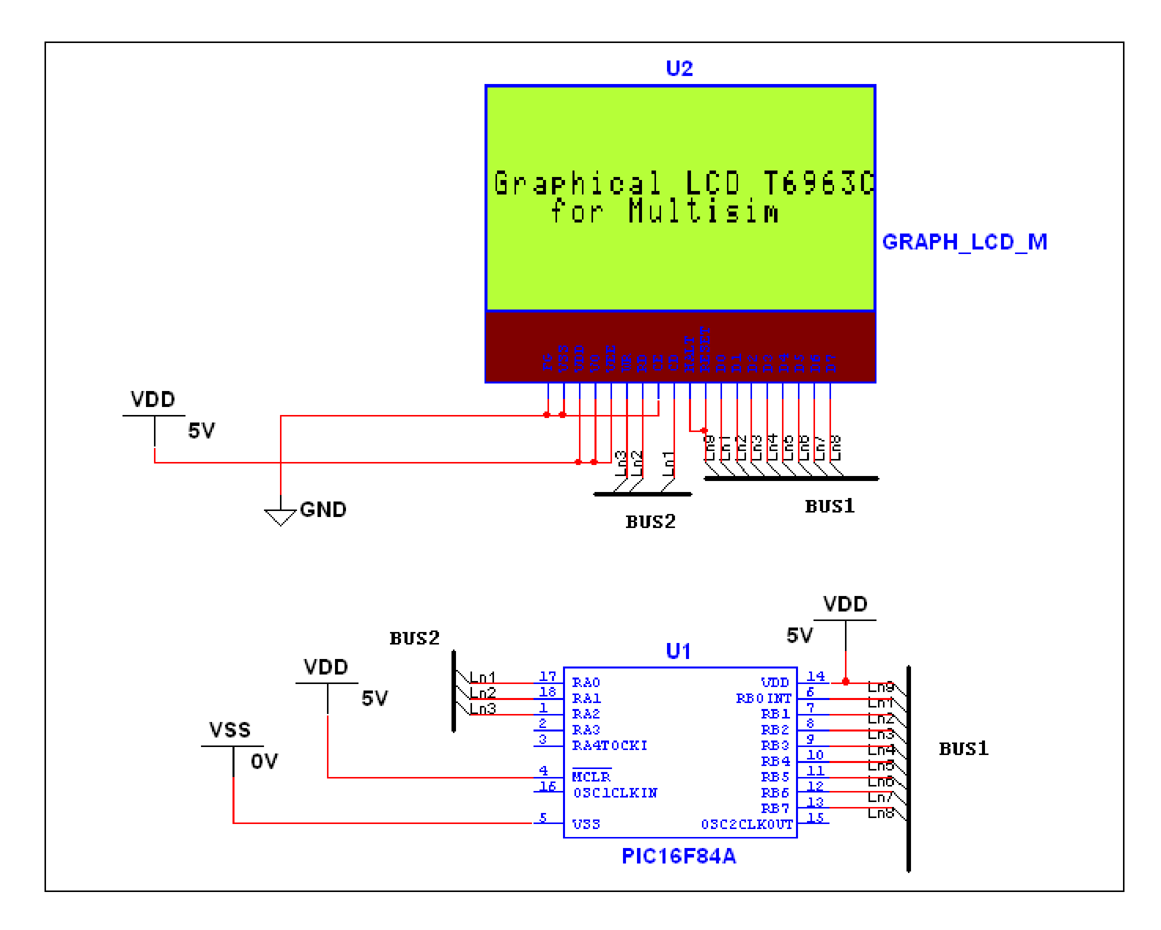
記載されている一部の機能は、NI Circuit Design Suite のバージョンによって使用できない場合があります。ご使用のバージョンで利用できる機能のリストについては、『NI Circuit Design Suite リリースノート』を参照してください。

概要

このチュートリアルで使用されるファイルは、NI Circuit Design Suite ソフトウェアと一緒に `...¥samples¥Getting Started` にインストールされます。

このチュートリアルでは、`Getting Started MCU` を使用し、`LCDWorkspace` のフォルダへのアクセスが必要です。

液晶グラフィックディスプレイ（LCD）の例は、東芝 T6963C コントローラおよび外部表示 RAM を組み合わせて、Multisim におけるグラフィック LCD を制御する PIC マイクロコントローラの使用方法を示します。LCD を制御する際、マイクロコントローラは LCD のデータおよび制御ラインを介して LCD に信号を送信します。マイクロコントローラ用に書かれたソフトウェアプログラムが、LCD にコマンドおよびデータを送信するためにピンのラインを HIGH または LOW に設定する論理を決定します。



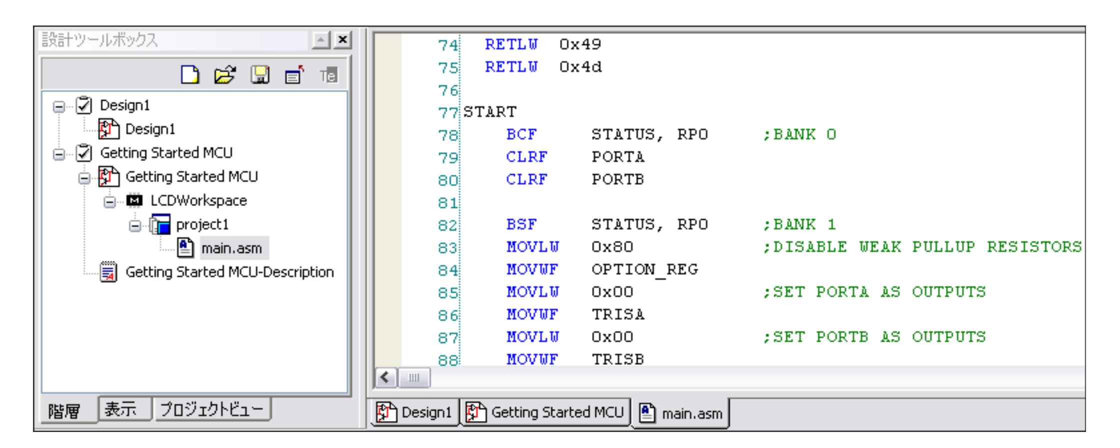
チュートリアルについて

LCD U2 のデータラインは、マイクロコントローラ U1 のピン RB0 ～ RB7 に接続されています。LCD の制御ラインは、マイクロコントローラの RA0 ～ RA2 に接続されます。MCU U1 は、これらのワイヤを通じて LCD U2 と通信します。データが並列に U2 に送信され、制御ラインの信号が送信されるデータのタイミングとタイプ（アドレスまたはデータ）を決定します。

LCD は、テキストモード、グラフィックモード、およびテキスト / グラフィックの混合モードの、3 モードで操作することができます。この例は、テキスト / グラフィック混合モードでの LCD の制御です。MCU が実行するソフトウェアは、`LCDWorkspace` という名前で**設計ツールボックス**内の MCU ワークスペースに表示されます。ワークスペースには、シングルソースコードファイル `main.asm` から構成される 1 つのプロジェクト `project1` が含まれています。

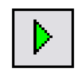
以下の手順に従って、ファイルを表示します。

1. **設計ツールボックス**で `main.asm` をダブルクリックします。回路図キャプチャワークスペースに `main.asm` という名前のタブが現れ、アセンブリプログラムが表示されます。



ライン番号を表示するには、**MCU →ライン番号**を選択します。

以下の手順に従って、この設計を実行します。

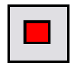


1. **シミュレート→実行**を選択します。あらかじめプログラムをプログラムをビルドしていない場合は、ダイアログボックスに構成が古いことが示され、ビルドするかどうかを確認するメッセージが表示されます。**はい**をクリックします。ビルドの結果が**スプレッドシートビュー**の**結果**タブに表示されます。

   設計タブに切り替えます。プログラムはテキストモードで **`Graphical LCD T6963C for Multisim`** の文字を表示し、LCD がグラフィックモードに切り替わり、反転した「V」がドット単位でテキスト上に描画されます。

   ラインが描画されると、テキストは右、そして左にスクロールされます。これは、LCD のテキストバッファの開始アドレスを移動することによって実行できます。また、LCD にはバッファが 2 つあり、1 つはグラフィックの格納、もう 1 つはテキストの格納用であることも示しています。テキスト点滅および文字消去などの LCD のその他の機能も示されています。

   LCD プログラムは、これらの各効果を継続して繰り返します。



シミュレーションを停止するには、**シミュレート→停止**を選択します。

アセンブリプログラムを理解する

定数およびデータ

main.asm に戻ります。

プログラムを簡単するために、LCD ディスプレイコマンドおよびアドレスとデータを MCU に一時保存するバッファがプログラムの最初に定数で定義されています。

```
DATA_BUFFER          EQU          0x20
DATA_BUFFER2         EQU          0x21
CMD_BUFFER           EQU          0x22
REF_BUFFER           EQU          0x24

ADDR_INDEX           EQU          0x25                   ;STARTING ADDRESS IN EEPROM
ADDR_L               EQU          0x26                   ;STARTING ADDRESS L
ADDR_H               EQU          0x27                   ;STARTING ADDRESS H
COUNTER_INDEX        EQU          0x29                   ;COUNTER
BIT_INDEX            EQU          0x2A                   ;BIT INDEX

CMD_SET_CURSOR EQU   21H          ;SET CURSOR
CMD_TXHOME           EQU    40H   ;SET TXT HM ADD
CMD_TXAREA           EQU    41H   ;SET TXT AREA
CMD_GRHOME           EQU    42H   ;SET GR HM ADD
CMD_GRAREA           EQU    43H   ;SET GR AREA
CMD_OFFSET           EQU    22H   ;SET OFFSET ADD
CMD_ADPSET           EQU    24H   ;SET ADD PTR
CMD_SETDATA_INC      EQU    0C0H  ;WRITE DATA AND INCREASE ADP
CMD_AWRON            EQU    0B0H  ;SET AUTO WRITE MODE
CMD_AWROFF           EQU    0B2H  ;RESET AUTO WRITE MODE
```

LCD に表示されるテキストがデータ表に格納されているマイクロコントローラもありますが、プログラムメモリスペースのデータ値を直接指定できる PIC アセンブリ命令はありません。代わりに、文字データ値を W レジスタにロードすれば、指標に基づいて文字列の中から値を返すルーチンを使用することができます。RETLW 命令は、1 回の命令で定数値を W レジスタにロードし、RETURN を実行します。

TXPRT ルーチンは、LCD に表示するテキストデータを取得します。LCD の文字モードは、T6963C コントローラのリファレンスマニュアルに定義されています（例 : 0x27 は「G」、0x52 は「r」のコードなど）。

```
; DATA
DATA_NUM            EQU    23H
TXPRT               ; Text data "Grapical LCD T6963C   for Multisim"
  ADDWF  PCL, 1
  RETLW  0x27
  RETLW  0x52
  RETLW  0x41
  RETLW  0x50
  RETLW  0x48
  RETLW  0x49
  RETLW  0x43
  RETLW  0x41
  RETLW  0x4c
  RETLW  0x00
  RETLW  0x2C
  …
```

初期化

初期コードは、以下の引用に示される通り、START ラベルから開始します。マイクロコントローラのピンは出力ピンとして設定され、値はリセットされます。LCD コンポーネントは、マイクロコントローラによって初期化され、グラフィック / テキストモードに設定されます。LCD コンポーネントの内部のグラフィックとテキストバッファのホームアドレスは、0x0000 および 0x2941 にそれぞれ設定されます。これにより、LCD がディスプレイ上でバッファデータの表示を開始する場所を指定します。最後に、制御信号が LCD 上の適切な読み取り / 書き込み操作用に設定されます。

```
START
       BCF    STATUS, RP0          ;BANK 0
       CLRF   PORTA
       CLRF   PORTB

       BSF    STATUS, RP0          ;BANK 1
       MOVLW  0x80                 ;DISABLE WEAK PULLUP RESISTORS
       MOVWF  OPTION_REG
       MOVLW  0x00                 ;SET PORTA AS OUTPUTS
       MOVWF  TRISA
       MOVLW  0x00                 ;SET PORTB AS OUTPUTS
       MOVWF  TRISB

       BCF    STATUS, RP0          ;BANK 0
       MOVLW  0x0F                 ; 1111 no commands ready
       MOVWF   PORTA

;1 SET DISPLAY MODE to GRAPH + TEXT mode, cursor off
       MOVLW  0x9C
       MOVWF  CMD_BUFFER
       CALL   CMD
…
```

テキストおよびグラフィックを描画する

残りのプログラムは、LCD に MCU ピン RA0 ～ RA2 の制御ラインを介してコマンドを送信し、データラインを介してデータを送信します。

```
;5 write string
        MOVLW   0x7D
        MOVWF   DATA_BUFFER
        MOVLW   0x29
        MOVWF   DATA_BUFFER2    ; external CG start at: 1400h
        CALL    DT2
        MOVLW   CMD_ADPSET
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   CMD_AWRON
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD

        MOVLW   0x00                    ; Initial the counter
        MOVWF   ADDR_INDEX

LOOP_READ_DATA2
        MOVF    ADDR_INDEX,0    ; STARTING data ADDRESS
        CALL     TXPRT

        MOVWF   DATA_BUFFER             ; LOAD CHAR data TO W
        CALL    ADT

        INCF    ADDR_INDEX,1

        MOVF    ADDR_INDEX, 0
        SUBLW   DATA_NUM                ; 35 chars
        BTFSS   STATUS, Z
        GOTO    LOOP_READ_DATA2

        MOVLW   CMD_AWROFF
        MOVWF   CMD_BUFFER
        CALL    CMD
…
```

たとえば、プログラム内のメインループからの上記の引用は、TXPRT サブルーチンで定義された文字を送信して、LCD にテキストモードで表示します。

以下は LCD を自動書き込みモードに設定します。

```
MOVLW       CMD_AWRON
MOVWF       CMD_BUFFER
CALL        CMD
```

この時点でプログラムはカウントを開始し、ループ LOOP_READ_DATA2 を 35 回実行します。このループは、TXPRT を呼び出し、テキストデータ

を取得して W レジスタにロードします。そして、サブルーチン ADT を呼び出します。ADT はさらに、W レジスタ値をポート B に書き込み、LCD のデータラインに送信する SEND_DATA を呼び出します。データが送信されると、マイクロコントローラのポート A 上の適切な値が LCD の制御ピンに送信され、データの読み取り準備ができたことを知らせます。サブルーチンが最後まで実行されると、そのサブルーチンの呼び出し直後の命令ラインへ返り、35 文字がすべて転送されるまで同じ動作を繰り返します。引用の最後の 3 つの命令が、ループを出た後に LCD の自動書き込みモードを OFF にします。

```
MOVLW     CMD_AWROFF
MOVWF     CMD_BUFFER
CALL      CMD
```

以下の命令は、グラフィックモードで水平および直線ラインを描画します。

```
;6 draw wave once
MOVF      ADDR_L, 0
BTFSC     STATUS, Z
CALL      DRAW_WAVE
```

MCU デバッグ機能を使用する

このセクションでは、段階的に Multisim MCU モジュールのデバッグ機能について説明します。以下の説明どおりに作業を行わない場合、これらの説明が該当しなくなります。ブレークポイントとシングルステップ機能を理解したら、より上級の MCU デバッグ機能を試してください。

デバッグ表示の概要

C またはアセンブリのいずれかでマイクロコントローラのプログラムを書くには、ソースコードファイル（.asm、.inc、.c、.h）を MCU ワークスペースで作成して、ソースコードビューで編集します。

ソースコードビューにアクセスするには、以下の手順に従います。

1. **設計ツールボックス**の MCU ワークスペース階層に表示されるファイル項目（例：main.asm）をダブルクリックします。

シミュレーション中に表示される追加デバッグ情報は、MCU 内で起こっている状況を理解する上で役立ちます。たとえば、発生するイベントの表示を、ハイレベルソースレベルとアセンブリ命令レベル間で切り替えることができます。アセンブリ命令レベルでは、各命令に対して MCU が実行する操作コードも表示します。

ソースコードビューは、この追加情報すべてを表示することができません。代わりに、設計の MCU コンポーネントには、デバッグ情報を表示するための専用の**デバッグ表示**があります。

デバッグ表示にアクセスするには、以下の手順に従います。

1. **MCU → MCU PIC 16F84A U1 →ビルド**を選択します。

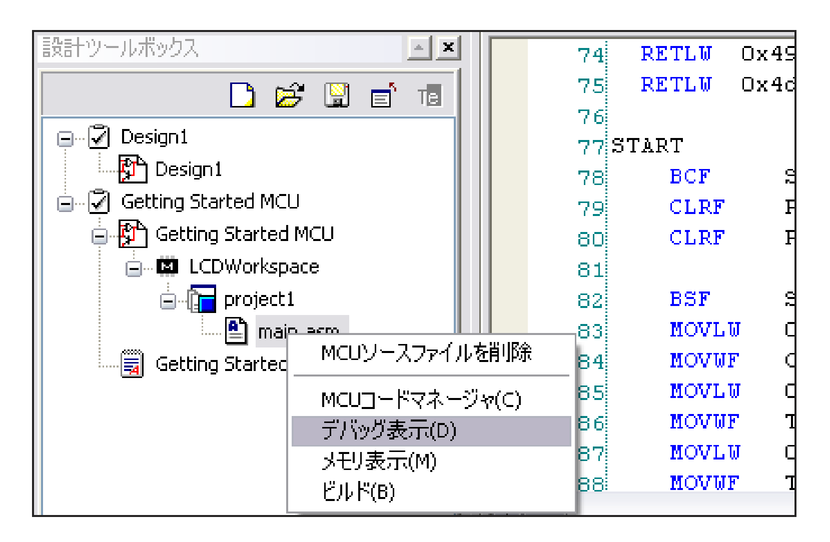


メモ　**デバッグ表示**はコードのビルドが完了すると利用でき、上記の手順は一回のみ実行します。

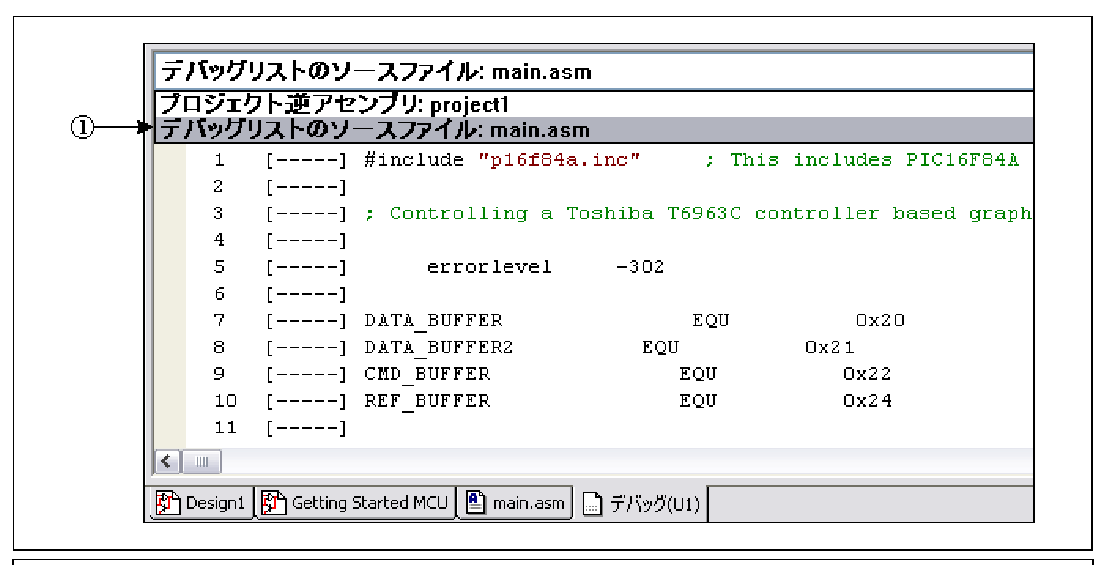
2. **MCU → MCU PIC 16F84A U1 →デバッグ表示**を選択します。

   または

   設計ツールボックスの MCU ワークスペースにある項目上の右クリック詳細メニューを使用します。



デバッグ (<MCU の参照番号 >)、この場合**デバッグ (U1)** という回路図キャプチャワークスペースで別のタブが開きます。



1　ドロップダウンリスト

デバッグ表示の上部にあるドロップダウンリストを使用して、Multisim が内部生成する逆アセンブリ命令、およびアセンブラまたはコンパイラが生成するリスティングファイルを選択します。リスティングファイルの形式はコードのビルドに使用したツールによって異なります。

LCD の例では、コードはアセンブリで記述され、Microchip アセンブリツールによってビルドされます。Microchip アセンブラは、各アセンブリ命令のすべての操作コードを含むリスティングファイル（`.lst`）を生成します。デバッグリスティングビューは、このリスティングファイルからの情報を表示します。Multisim は、内部逆アセンブラを使用して逆アセンブリフォーマットを生成し、操作コード命令をアセンブリ命令に逆アセンブルします。

デバッグリスティングに必要な情報がすべて含まれているため、このフォーマットはこの例では必要ありません。MCU プロジェクトがマシンコード（`.hex`）ファイルのみをロードする場合、逆アセンブリ表示には逆アセンブルされた操作コード命令が表示され、MCU で何が起こっているかを見ることができます。このような種類の MCU プロジェクトのリスティングファイルがないため、逆アセンブリ表示が役に立ちます。

ブレークポイントを追加する

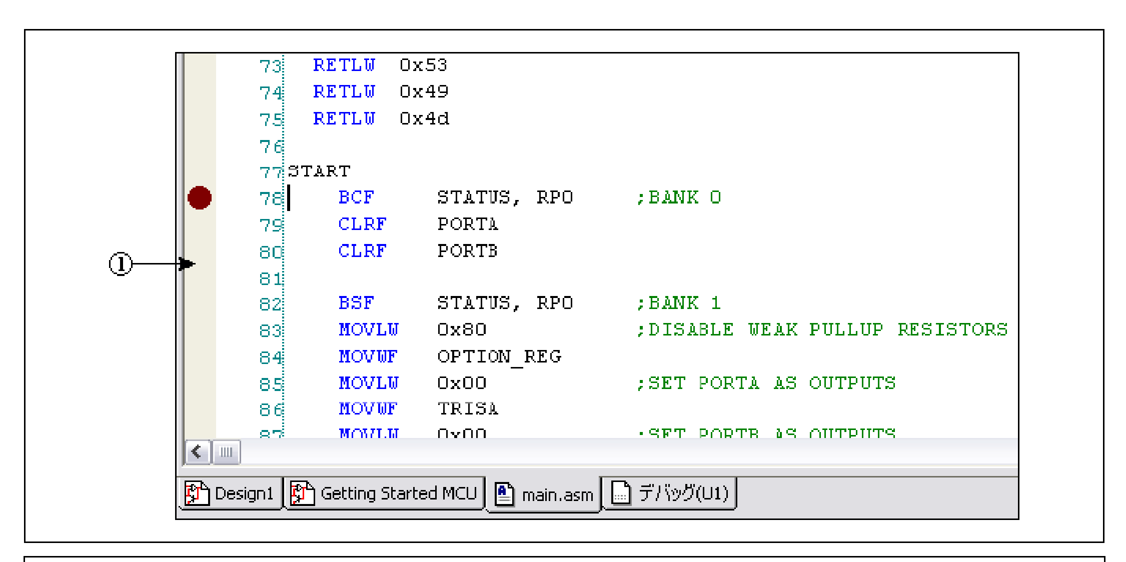
シミュレーションの停止中および実行中に、ソースコードビューにブレークポイントを追加することができます。2 通りの方法でマイクロコントローラプロジェクトにブレークポイントを追加することができます。

1 つ目は、ソースコードビューで追加する方法です。この例では、回路図キャプチャワークスペースの main.asm タブのみが利用可能なソースコードビューです。



メモ　MCU 設計に複数のファイルが含まれている場合は、各ソースコードファイルに対してソースコードビューがあります。

また、**デバッグ表示**ウィンドウでブレークポイントを設定することもできます。逆アセンブリ表示またはデバッグリスティングビューでブレークポイントを設定することができますが、この例ではデバッグリスティングビューのみを使用します。

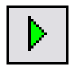


1　灰色の列

ソースコードビューでブレークポイントを追加するには、以下の手順に従います。

1. U1 の**デバッグ表示**を開きます。
2. **設計ツールボックス**で main.asm をダブルクリックします。
3. START ラベルのすぐ下にあるライン BCF STATUS, RP0 までスクロールします。

4. ライン `BCF STATUS, RP0` の隣の `main.asm` ウィンドウの左側にある 1 番目の（灰色）列をダブルクリックします。そのラインにブレークポイントが設定されたことを示す赤い丸が表示されます。

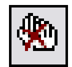


5. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは、設定したブレークポイントで自動的に一時停止します。**デバッグ表示**は、MCU プログラムの実行が一時停止している場所を黄色の矢印で表示します。

以下の手順に従って、ブレークポイントを削除します。

1. **デバッグ表示**または `main.asm` ソースコードビューでブレークポイントをダブルクリックします。

   または



   MCU →すべてのブレークポイントを削除を選択して、すべてのブレークポイントを削除します。

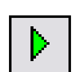


メモ　**デバッグ表示**で、ソースコードビューと同じ方法でブレークポイントを追加または削除できます。

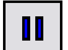
一時停止してステップ



1. **MCU →すべてのブレークポイントを削除**を選択して、すべてのブレークポイントを削除します。



2. 設計表示（**Getting Started MCU** タブ）で**シミュレート→実行**を選択します。**`Graphical LCD T6963CC for Multisim`** という文字が LCD コンポーネントに表示され始めます。



3. **シミュレート→一時停止**を選択します。
4. U1 の**デバッグ表示**へ移動し、一番左側の列の黄色の矢印で示される、MCU が実行を停止した場所にあるデバッグリスティングビューのコードラインに注目します。

MCUメモリー表示 :: U1 :: Getting

⊟ レジスタ

名前	16進数	ビット-7	ビ
作業レジスタ	13	0	0

名前	アドレス	16進数	ビット
INDF	00	00	0
TMR0	01	D9	1

⊞ IRAM

⊞ EEPROM

⊟ IROM

PC: 0193

ROM	00	01	02	0:
0000	2834	0000	0000	00
0008	0000	0000	0000	00
0010	0782	3427	3452	34
0018	3441	344C	3400	34

デバッグリストのソースファイル: main.asm

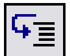
```
601 [0018A]       CALL SET_PORT_B_INPUT
602 [0018B]       MOVLW     0x04                    ; 0100
603 [0018C]       MOVWF    PORTA
604 [0018D]       MOVF      PORTB,0                   ; GET
605 [0018E]       MOVWF    DATA_BUFFER
606 [0018F]       RETURN
607 [-----]
608 [-----]
609 [-----] SEND_DATA
610 [00190]       CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
611 [00191]       MOVF      DATA_BUFFER, 0      ;output
612 [00192]       MOVWF    PORTB
613 [00193]       MOVLW     0x0A                    ; 1010
614 [00194]       MOVWF    PORTA
615 [00195]       BSF           PORTA, 2
616 [00196]       RETURN
617 [-----]
618 [-----] SEND_CMD
619 [00197]       CALL      SET_PORT_B_OUTPUT
620 [00198]       MOVF      CMD_BUFFER, 0      ;output c
621 [00199]       MOVWF    PORTB
622 [0019A]       MOVLW     0x0B                    ; 1011
623 [0019B]       MOVWF    PORTA
624 [0019C]       BSF           PORTA, 2
625 [0019D]       RETURN
626 [-----]
```

5. **MCU → MCU PIC16F84A U1 →メモリ表示**を選択して、マイクロコントローラ U1 の内部のメモリの現在の状態を表示します。**IROM** セクションのプログラムカウンタ PC の値が、黄色の矢印が示すラインのアドレス値よりも 1 大きいことに注意します。上記の図の例では、**デバッグ表示**のアドレスは 192 で、**メモリ表示**の PC 値は 193 です。

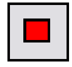


メモ　シミュレーションを一時停止したときに MCU が現在のコマンドを完了していな場合は、プログラムカウンタ値はアドレス値と同じです。

メモリ表示の他のセクションで、マイクロコントローラのメモリの他の部分の値を表示することができます。

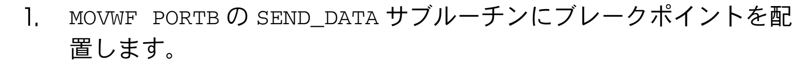
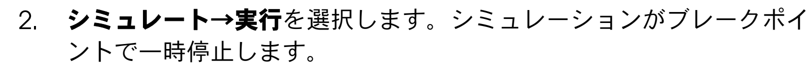


6. **シミュレーション**ツールバーの**中に入る**ボタンをクリックします。
7. 現在の命令が実行され、シミュレーションは次の命令で一時停止します。

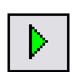


8. **シミュレート→停止**を選択します。

一時停止して外に出る

1. MOVWF PORTB の SEND_DATA サブルーチンにブレークポイントを配置します。

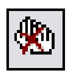


2. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションがブレークポイントで一時停止します。

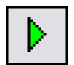


3. **シミュレーション**ツールバーの**外に出る**ボタンをクリックして、SEND_DATA サブルーチンの外に出ます。
4. シミュレーションは、SEND_DATA サブルーチン内の残りのすべての命令を実行し、SEND_DATA サブルーチンへの呼び出し後の最初の命令で一時停止します。

一時停止して中に入る

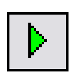


1. **MCU →すべてのブレークポイントを削除**を選択します。
2. 黄色の矢印のすぐ上で外に出た場所、SEND_DATA への呼び出しにブレークポイントを配置します。



3. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは配置したばかりのブレークポイントで一時停止します。
4. **シミュレーション**ツールバーの**中に入る**ボタンをクリックします。シミュレーションが SEND_DATA サブルーチン内で一時停止します。

一時停止して飛び越える



1. **シミュレート→実行**を選択します。シミュレーションは、サブルーチン SEND_DATA への呼び出し時に、上記で設定したブレークポイントと同じポイントで一時停止します。

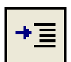


2. **シミュレーション**ツールバーの**飛び越える**ボタンをクリックします。SEND_DATA サブルーチン全体が実行され、シミュレーションは CALL SEND_DATA 命令の次の命令で一時停止します。

カーソルまで実行

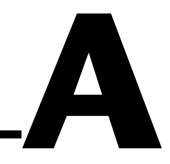


1. **MCU →すべてのブレークポイントを削除**を選択します。
2. 再度 LCD にデータを送信するために SEND_DATA サブルーチンが呼び出されるので、このサブルーチンの内側のラインをクリックします。



3. **シミュレーション**ツールバーの**カーソルまで実行**ボタンをクリックします。シミュレーションは、SEND_DATA サブルーチン内でクリックした命令に MCU が到達するまで実行されます。そして、一時停止し、ラインの隣に黄色の矢印を配置します。





技術サポートおよびプロフェッショナルサービス

技術サポートおよびその他のサービスについては、NI のウェブサイト（ni.com/jp）の下記のセクションを参照してください。

- **サポート** — 技術サポート（ni.com/jp/support）には以下のリソースがあります。
  - **セルフヘルプリソース** — 質問に対する回答やソリューションが必要な場合は、ナショナルインスツルメンツのウェブサイト（ni.com/jp/support）でソフトウェアドライバとアップデート、検索可能な技術サポートデータベース、製品マニュアル、トラブルシューティングウィザード、種類豊富なサンプルプログラム、チュートリアル、アプリケーションノート、計測器ドライバなどをご利用いただけます。ユーザ登録されたお客様は、NI ディスカッションフォーラム（ni.com/jp/dforum）にアクセスすることもできます。
  - **標準サポート・保守プログラム（SSP）**—NI のアプリケーションエンジニアによる電話または E メールでの個別サポート、ni.com/eLearning での e ラーニングトレーニングモジュールへのアクセスが可能となるプログラムです。このプログラムには製品ご購入時にご加入いただき、その後 1 年ごとに契約更新してサービスを継続することができます。

    その他の技術サポートオプションについては、ni.com/jp/services をご覧いただくか、ni.com/contact からお問い合わせください。
- **トレーニングと認定** — トレーニングおよび認定プログラムについては、ni.com/jp/training を参照してください。また、世界各地で登録可能なオンサイトトレーニングを提供しております。
- **システムインテグレーション** — 時間の制約がある場合や社内の技術リソースが不足している場合、またはプロジェクトで簡単に解消しない問題がある場合などは、ナショナルインスツルメンツのアライアンスパートナーによるサービスをご利用いただけます。詳しくは、最寄りの NI 営業所にお電話いただくか、ni.com/jp/alliance をご覧ください。

弊社ウェブサイトの Worldwide Offices セクション（ni.com/niglobal（英語））からは、お問い合わせ先、サポート電話番号、電子メールアドレス、現行のイベント等に関する最新情報を提供する各国支社のウェブサイトにアクセスできます。

索引